

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-науковою програмою «Технології комп’ютерного конструювання
верстатів, роботів і машин»

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему “Самохідний роботизований комплекс для виконання спеціальних
операцій”

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ II курсу , групи МВ – 81мн

Келавець Юрій Русланович

_____ (прізвище ім’я по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор Струтинський В.Б.

_____ (посада, науковий ступінь тавчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з розділу _____

_____ (посада, науковий ступінь тавчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент:

д.т.н., професор Петраков Ю.В.

_____ (посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2020

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітньо-наукова програма «Технології комп'ютерного проектування верстатів, роботів і машин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Василь СТРУТИНСЬКИЙ

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Келавець Юрій Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації "Самохідний роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій"

науковий керівник дисертації д.т.н., професор Струтинський В.Б.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“04” березня 2020 року № 800-с**

2. Термін подання студентом дисертації 30.04.2020 р.

3. Об'єкт дослідження Робочі процеси в рухомій частині роботизованого для виконання спеціальних операцій.

4. Предмет дослідження Самохідний роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Огляд існуючих технологій виготовлення із композиційних матеріалів. 2. Реалізація механізмів, що працюють на основі паралельної кінематики в різних галузях. 3. Конструктивні рішення та опис крокуючого механізму роботизованого комплексу спеціального призначення. 4. Технологічне рішення вузла крокуючої ланки на основі вузла аналога крокуючого роботизованого комплексу спеціального призначення, патент України №120668. 5. Конструктивне

рішення кріплення крокуючих ланок до рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. 6. Реалізація процесу виготовлення композиційних накладок роботизованого комплексу спеціального призначення. 7. Розрахунок дискретних крокових двигунів крокуючих ланок роботизованого комплексу спеціального призначення. 8. Конструктивне рішення та опис конструкції схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1.(A1) Комплекс ЗВ. 2.(A1) Статичний аналіз накладки. 3.(A1) Оснастка накладок. 4.(A1) Статичний аналіз варіантів верхньої ланки. 5.(A1) Статичний аналіз крокуючих ланок. 6.(A1) Робочі положення крокуючої ланки. 7.(A1) Технічне рішення на основі патента №120668. 8.(A1) Загальний вигляд схвату. 9.(A1) Робоча зона схвату. 10.(A1) Деталювання (накладки). 11. (A1) Деталювання (верхній важіль). 12.(A1) Деталювання (накладки СК). 13.(A1) Деталювання (маніпулятор). 14.(A1) Деталювання (торсіон). 15.(A1) Деталювання (крокуючий комплекс СК; основа маніпулятора).

7. Орієнтовний перелік публікацій 1. Патент України №120668 «Крокуючий пристрій мобільного робота». 2. Тези №21615 «Multifunctional all-terrain walking excavator», Конференція «Інновації молоді в машинобудуванні 2020».

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Патент	Юрчишин О.Я.		

9. Дата видачі завдання 15 жовтня 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Підбір полімерного композитного матеріалу. Пошук аналогів систем, що працюють за принципом паралельної кінематики.	Жовтень 2018 р.	
2	Обґрунтування геометричних характеристик крокуючих ланок. Експериментальні варіанти виконання крокуючих ланок.	Січень 2019 р.	
3	Оптимізація крокуючої ланки за рахунок використання патенту України на винахід №120668	Вересень 2019 р.	
4	Розроблення перехідних вузлів.	Жовтень 2020	

		р.	
5	Розроблення оснастки для елементів перехідних вузлів. Розрахунок напружено-деформованого стану елементів перехідних вузлів крокуючих ланок	Грудень 2020 р.	
6	Розрахунок дискретних крокових двигунів.	Січень 2020 р.	
7	Конструктивне рішення схвата. Збільшення робочої зони схвата. Загальний вигляд маніпулятора роботизованого комплексу	Лютий 2020 р.	
8	Оформлення магістерської дисертації	Квітень 2020 р.	

Студент _____ Юрій Келавець
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

_____ Василь Струтинський
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті спроектовано елементи нижньої частини самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій рами, що надають мобільності роботизованому комплексу. Також, крокуючі елементи збільшують робочу зону схвата самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій забезпечуючи можливістю опускати схват нижче рівня поверхні переміщення. На основі патенту на винахід та корисної моделі на «Крокуючий пристрій мобільного робота» розроблено один із вузлів крокуючої ланки, який створює ефект оптимізації динамічних характеристик покрокового переміщення крокуючих ланок роботизованого комплексу, забезпечує виключення ударних навантажень та зниження енерговитрат в приводах. Мобільна частина представлена у вигляді рами та шести крокуючих ланок для переміщення роботизованого комплексу.

Виконані розрахунки напружено-деформованого стану елементів крокуючих ланок та перехідних елементів для кріплення крокуючих ланок до рами.

Ключові слова: мобільний робот, механзм паралельної структури, роботизований комплекс, крокуючі ланки, твердотільна модель.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте спроектированы элементы нижней части самоходного роботизированного комплекса для выполнения специальных операций рамы, предоставляющих мобильность роботизированному комплексу. Также, шагающие элементы увеличивают рабочую зону схвата самоходного роботизированного комплекса для выполнения специальных операций обеспечивая возможностью опускать схват ниже уровня поверхности перемещения. На основе патента на изобретение и полезной модели на «Шагающее устройство мобильного робота» разработан один из узлов шагающей звена, что создает эффект оптимизации динамических характеристик пошагового перемещения шагающих звеньев роботизированного комплекса, обеспечивает исключение ударных нагрузок и снижения энергозатрат в приводах. Мобильная

часть представлена в виде рамы и шести шагающих звеньев для передвижения роботизированного комплекса.

Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния элементов шагающих звеньев и переходных элементов для крепления шагающих звеньев к раме.

Ключевые слова: мобильный робот, механизм параллельной структуры, роботизированный комплекс, шагающие звена, твердотельная модель.

Ключевые слова: мобильный робот, принцип параллельных структур, роботизированный комплекс, шагающие звена, твердотельная модель.

SUMMARY

In the diploma project the elements of the lower part of the self-propelled robotic complex for special frame operations, providing mobility to the robotic complex, were designed. Walking elements also extend the working area of the self-propelled robotic system for special operations, providing the ability to lower the grip below the movement surface. Based on the inventor's patent and utility model, "Mobile Robot Walking Unit" has been developed as one of the walking unit units to optimize the dynamic performance of the robot's walking units, eliminating shock loads and reducing energy consumption in the drives. The mobile unit is available as a frame and six walkways for robotic system movements.

The calculations of stress-strain state of elements of walking links and transition elements for fastening walking links to the frame are performed.

Key words: mobile robot, parallel structure mechanism, robotic complex, walking links, solid-state model.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1	
1.1 Огляд існуючих технологій виготовлення із композиційних матеріалів	
1.1.1 Типові рішення підбору армуючих елементів та матриць композиційних матеріалів	5
1.1.2 Галузі використання композиційних матеріалів.....	8
1.2 Механічні характеристики композиційних матеріалів.....	11
Розділ 2	
Реалізація механізмів, що працюють на основі паралельної кінематики в різних галузях.....	14
Розділ 3	
Конструктивні рішення та опис крокуючого механізму роботизованого комплексу спеціального призначення	
3.1 Проведення підбору оптимального рішення конструкції крокуючої ланки роботизованого комплексу спеціального призначення та її розрахунок напружено деформованого стану	22
3.2 Конструктивне рішення виконання крокуючої ланки та вузлів кріплення елементів роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій	30
3.3 Розрахунок напружено-деформованого стану експериментальних варіантів виконання елементів крокуючої ланки.....	43
Розділ 4	
Технологічне рішення вузла крокуючої ланки на основі вузла аналога крокуючого роботизованого комплексу спеціального призначення, патент України №120668	53
Розділ 5	
Конструктивне рішення кріплення крокуючих ланок до рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій	
5.1 Опис геометричних характеристик елементів та спосіб кріплення крокуючих ланок до рами роботизованого комплексу спеціального призначення.....	63
5.2 Розрахунок напружено-деформованого стану композиційної накладки для кріплення крокуючої ланки до рами роботизованого комплексу спеціального призначення.....	76
Розділ 6	
Реалізація процесу виготовлення композиційних накладок роботизованого комплексу спеціального призначення.....	80

Розділ 7

Розрахунок дискретних крокових двигунів крокуючих ланок
роботизованого комплексу спеціального призначення

7.1 Розрахунок верхнього дискретного крокового двигуна.....85

7.2 Розрахунок нижнього дискретного крокового двигуна.....90

Розділ 8

КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ СХВАТА
РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ
ОПЕРАЦІЙ

8.1 Конструктивне рішення та опис конструкції схвата.....96

8.2 Крайні положення схвата під час роботи роботизованого комплексу
спеціального призначення.....107

Висновок.....110

ВСТУП

Жоден із нас не може уявити ні дня без використання сучасних технологій. Стрімкий розвиток технологного прогресу спричинив технічний бум ХХІ століття. Використання надбання технологічного прогресу значно спрощує наше життя.

Сучасний бізнес повністю залежить від використання передових інформаційних технологій. Збереження даних, пропускну система працівників, калькуляція заробітних, закупка необхідних матеріалів і т.п., все це в сучасних підприємствах відбувається за допомогою високих технологій.

Сучасні промислові підприємства взяли собі на озброєння використання передових технологій. Саме тому на більшості виробництвах, де створюються умови, що впливають на працездатність, здоров'я чи життя людини, використовують робототехнічні прилади. Роботами часто керують з комп'ютера на відстані від небезпечного об'єкту. Використання роботів обумовлене рядо переваг: роботи ніколи не втомлюються, також, вони здатні виконувати важку роботу, на яку не здатний людський організм, роботи швидші, роботам необхідно сплачувати заробітну плату та відпускні.

Саме тому передові компанії та держави займаються розробкою роботизованих комплексів для виконання спеціальних операцій. Досить важливо проектувати механізми з високим рівнем універсальності, адже сьогодні їх потрібно використати для виконання однієї роботи, а через певний час для іншої. Тому для збільшення робочої зони, часто проектують механізми, які можуть переміщуватися самостійно. А, для того, щоб механізм під час переміщення міг, ще й долати перешкоди в себе по маршруту, перевагу надають крокуючим ланкам, а не колесам.

Також варто пам'ятати, що на рівень універсальності також впливають його транспонтабельні характеристики, такі як габарити та вага. Вага

механізму, також впливає на величину прикладеного навантаження до підтримуючих опор.

Метою магістерської дисертації стало створення самохідного роботизованого комплексу спеціального призначення.

Для досягнення мети, необхідно виконати наступні задачі: спроектувати крокуючі ланки самохідного роботизованого комплексу спеціального призначення, та забезпечити мінімальну вагу самохідного роботизованого комплексу спеціального призначення.

Тому підборі матеріалу для виготовлення самохідного роботизованого комплексу спеціального призначення варто використати новітні матеріали, які в сучасному світі набувають все більшої популярності.

РОЗДІЛ 1

1.1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ІЗ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1.1 Типові рішення підбору армуючих елементів та матриць композиційних матеріалів

Головною відмінністю створення композиційних матеріалів та металевих сплавів є те, що композиційний матеріал створюється під виконання ним певної задачі. Тому композиційні матеріали не можуть вміщати всі ті властивості, якими наділені металеві сплави.

Основою для наноконпозиційних матеріалів є ниткоподібні кристали. Такі монокристали мають голкоподібну форму діаметром від декількох нм до декількох сот мкм, відношення довжини волокна до діаметру становить 100. Визначною особливістю таких волокон є унікальна висока міцність, що в рази перевищує міцність масивних моно- та полікристалів. Така надзвичайно висока міцність пояснюється їх структурою та значно меншою кількістю об'ємних і поверхневих дефектів так, як це спостерігається в масивних кристалах. Мінімізація дефектів пов'язана із мінімальним розмірами кристалів, при яких вірогідність наявності дефекта в кожному кристалі мінімізується. У ниткоподібних волокнах на відміну від полікристалічних, не проходять процеси рекристалізації, що призводить до падіння міцності при високих температурах.

Саме технологія по виготовленню ниткоподібних кристалів на кожному підприємстві по їх виготовленню вважається секретною інформацією. Нам відомо лише декілька методів отримання таких ниткоподібних структур:

- Кристалізація розчинів;
- Фізичне випаровування з подальшою конденсацією;
- Направлена кристалізація евтектичних сплавів;
- Осадження із газової фази при хімічній реакції;
- Вирощення на пористих мембранах.

Зазвичай для росту кристалів використовують принцип пар-рідина-кристал, але виконання принципу відбувається по різних схемах, яка є певним ноу-хау на виробництві і є інтелектуальною власністю підприємства.

Завдяки таким комбінаціям елементів у композиційних матеріалів їх властивості поліпшуються в порівнянні з цими ж елементами, але по окремої. Можливо вже скоро такі матеріали стануть використовувати як захисне покриття для неорганічних матеріалів, полімерних матеріалів.

Слоїсті наноконпозиційні матеріали виготовляють на основі кераміки та полімерів, з використанням слоїстих неорганічних структур, наприклад вермикуліт чи монтморилоніт (зустрічаються в глині). Такі слої сягають товщини близько 1 нм. Отримують монтморилоніт завдяки реакції іонного обміну з подальшою полімеризацією. Такі композиційні матеріали характеризуються високими механічними властивостями, хімічною та термічною стабільністю.

Методом спікання глин або порошкоподібних неорганічних сполук отримують нанокераміку. Розмірі кристалів сягають 100 нм. Нанокерамічні вироби мають високу міцність, досить стійкі до різких температурних перепадів гарна теплопровідність. У майбутньому очікується високий рівень використання подібних систем.

Наноемульсія — наноклі однієї рідини в незмішуваній іншій рідині, які рівномірно розподіляються в усі сторони. Рівномірно розподілені тверді часточки в рідині мають назву нанозоль, або ж колоїдний розчин. Магнітні рідини являють собою в рівномірно розподіленому в об'ємі дисперсної фази однойменні магніти. Такі системи використовуються у вакуумних установках. Вони можуть для забезпечення герметизації механічних введів вакуумних систем при виготовленні напівфабрикатів, керуючи магнітним полем. Такі композиційні матеріали, які у своєму складі мають метали, мають унікальні властивості завдяки кластерам, що входять в їх склад. Це

відбувається завдяки різній кількості атомів металів або напівпровідника. Їх кількість сягає від десяти до декількох тисяч. Розміри становлять від одного до 10 нм.

Нанобетон — композиційний матеріал, що перевершує некомпозиційний по всіх параметрах — міцний, надлегкий і стійкий до перепадів температур. Досить часто використовується в будівництві, адже він в два-три рази здешевлює будівництво. Також вони використовуються при реконструкції будівель. Використання таких нанокompозитів відводять до нанотехнологій. Нанобетон має високу механічну міцність, що в порівнянні зі звичайним бетоном є на 50% більшою. Також шанс поширення тріщин в такому бетоні є втричі меншим та морозостійкість вище на 50%. Вага зменшується в 6 раз.

Також широко використовують добавку «наноцемент» для отримання високоміцного цементу, наприклад В20. Широко застосовують для виготовлення густоармованих конструкцій типу колон, ферм, плит, балок і т.п..

Вуглецеве волокно — композиційний матеріал, що складається із вуглецевих ниток товщиною від 5 до 15 мікрон. Атоми вуглецю створюють структуру мікрокристалів, які розміщуються паралельно один одному. Завдяки такому розміщенню кристалів, волокно набуває підвищених механічних характеристик і здатне витримувати більші навантаження на стиск-розтяг. Вуглецеве волокно відоме своєю низькою вагою та низьким коефіцієнтом видовження волокна. Також, вагомою перевагою використання вуглецевих волокон є їх висока термостійкість, а саме у вакуумі чи інертних середовищах до 3000°C, а на повітрі до 450°C, при тому, що температура плавлення сталі лише 1500°C.

Композиційні матеріали при своїх високих механічних властивостях, мають невелику вагу. Також, досить часто композити виготовляють чорного кольору та проводять електрику, мають коефіцієнт лінійного розширення

майже нульовий. Це надає надзвичайну перевагу, у випадку створення виробу спеціального характеру.

Вуглецеве волокно це основна продукція, що використовується в рівноміцних тканих у виді різноманітних переплетень плотністю від 93 до 630 гр/м². Важкі рівноміцні ткани використовують переплет плотністю від 630 до 1350 гр/м². Також досить часто використовують не переплетені ткани, а однонаправлені ткани. Найактуальнішою задачею теперішнього часу є вивчення, дослідження механічних властивостей, їх практичне використання в різних галузях економіки.

1.1.2 Галузі використання композиційних матеріалів

Композиційні матеріали досить широко використовуються в галузях авіабудування, ракетобудування, та для конструювання пристроїв, що використовуються на великій глибині. Одним із найспоживанішим композиційних матеріалів є залізобетон, він використовується у галузі будівництва.

Спортивна галузь також почала використовувати композиційні матеріали. Хокейні ключки, сучасні човни, автомобільні покриття, пристосування для ловлі риби і т.п. Завдяки перевагам композити масово захоплюють сучасний ринок конструювання.

Ще в 60-х роках авіація зіштовхнулася з певними проблемами при конструюванні літальних апаратів. Першою проблемою стала висока вага літальних апаратів, для підняття в небо яких необхідні були надпотужні двигуни. Звідси і появилась при конструюванні мета забезпечити міцність конструкції, зменшуючи вагу. Для обшивки почали використовуватися сплави алюмінію. Але для виготовлення товстих несучих елементів алюмінієві сплави не підходили, через м'які властивості. Сталеві лонжерони, шпангоути, нервюри, стрінгери і т.п. приймають величезні навантаження під час польотів і маневрів літака. Тому інженерам необхідно було знайти вирішення по підбору матеріалу для виготовлення несучих

конструкцій, зменшивши масу. Рішенням даної проблеми і стало використання композиційних матеріалів.

Літаки останніх поколінь для виготовлення обшивки використовують композиційні матеріали. Обшивка фюзеляжу, крил та емпінажу під час зміни тиску сприймають величезні навантаження. Нам ще зі шкільної програми відомо, що густина повітря зі збільшенням висоти стає меншою, відповідно тиск також зменшується. Всередині літака підтримується стабільний тиск. Він створюється штучно і приблизно рівний тиску з якою атмосфера тисне на поверхню Землі та об'єкти що знаходяться в зоні дії. Коли літак піднімається в небо на певну висоту, тиск в літаку починає перевищувати тиск ззовні салону. Це призводить до того, що алюмінієва обшивка при польоті в середовищі пониженого тиску починає розширюватися. Обшивка з композиційних матеріалів дуже добре сприймає перепад тиску і зусилля на стиск-розтяг фюзеляжу. Також, обшивка з композиційних матеріалів дуже добре сприймає навантаження стиску-розтягу які створюються на поверхні крил під час зльоту і посадки літака. Адже під час зльоту крило опускається вниз, в цей момент поверхня крила знизу стискається, а ззовні, навпаки розтягується. Волокна в даному випадку працюють лише на стиск-розтяг.

Металеві нанокластери виготовляють випаренням або розпиленням металів. Наприклад, кластери золота чи срібла розміром від 1 до 15 нм були дисперговані в поліметилметакрилат (тонке покриття). Це відбувалося в процесі полімеризації рідкого мономеру, в який до цього поміщався метал із випарів. Структура при цьому виглядає як об'єднані в агломерати різної величини кластери. Розміри їх інколи складали близько декількох десятків нанометрів. За структурою їх можна прирівняти до композитних плівок. Вони також отримуються в процесі осадження парів металів, плазмової полімеризації бензола або гексаметилдисілазана.

Нанокompозиційні матеріали на силікатній основі набувають широкого використання. По перше їх виготовлення відбувається по простому і рентабельному методу. По друге за рахунок добавлення невеликої кількості спеціальних наповнювачів покращувати механічні властивості. Структура композиційного матеріалу на в якому армувальні елементи розподіляються в полімерній матриці ще нанокompозитному рівні.

На виробництва, по виготовленню препрегів (тканевих композитів), волокна передаються у вигляді мотків ниток, що являють собою групу елементарних вуглецевих волокон.

Галузі використання вуглецевого волокна та вуглепластика:

- Автомобілебудування;
- Ракетобудування;
- Спортінвентар;
- Спецзамовлення;
- Суднобудування.

Морфологія композиційних матеріалів може розрізнятися в залежності від того, як розподіляється наповнювач. Найбільш дешевим виробництвом таких композиційних матеріалів є змішування полімера в розплавленому стані з багатослойним силікатом.

Вже в найближчому майбутньому нанокompозити створять велику конкуренцію звичайним пластикам. Полімерні компаунди, що містять невелику кількість органоґліни, можна використовувати для виготовлення ряду автомобільних деталей в автомобільній промисловості. Зазвичай органоґлина складає близько 5% від суміші. Також такі композиційні матеріали можна буде використовувати для виготовлення пакувальних плівок з високими механічними властивостями. Завдяки своїм властивостям їх починають використовувати у небезпечних для людини умовах.

1.2 Механічні характеристики композиційних матеріалів

При проектуванні виробу з композиційного матеріалу інженер має наперед задати необхідні йому характеристики. Для цього необхідно провести ряд попередніх підборів елементів майбутнього композиційного матеріалу та підрахунки для визначення товщини, напрямку волокон в слої, кількості цих волокон. Правильно виконавши підбір та розрахунки, інженер може добитися на виході створення виробу з композиційного матеріалу, що витримує задане навантаження не гірше металевого, але який буде мати в 3-5 раз меншу вагу.

Можна перерахувати ряд відчутних переваг композиційних матеріалів над металевими сплавами:

- Висока жорсткість (порядку 140 ГПа);
- Висока міцність (по заданому напрямку навантаження);
- Висока зносостійкість;
- В рази менша вага (в порівнянні з металевими сплавами);
- Висока протидія матеріалу на втому;
- Можливість виготовляти розміростабільні елементи конструкцій (особливо важлива характеристика для складних умов роботи, наприклад для літаків).

В залежності від класу композита, матеріал має різний набір характеристик. Тому потрібно грамотно проводити відбір класу композита.

Недоліками композиційних матеріалів можуть стати:

- Висока вартість;
- Анізотропія матеріалів;
- Необхідність використання дорогого обладнання;
- Необхідність використання дорогої сировини;
- Високий рівень розвитку персонала;
- Підвищена наукоємність виробництва;

У слоїстих композиційних матеріалів, армувальні волокна та матриця (наповнювач) розміщуються слоями.

Композити часто умовно поділяють на декілька типів:

- Волокнисті композиційні матеріали;
- Волокнисті композиційні матеріали, що армовані;
- Слоїсті композиційні матеріали;
- Дисперснозміцнені матеріали;
- Наноконпозиційні матеріали.

Дисперснозміцнені композиційні матеріали, створюють методом введення в металеві армувальні волокна, дисперсні частинки (зміцнювачі). Такими частинками можуть стати наприклад жароміцні сплави, які здатні досить довго працювати під навантаженням.

Наноконпозити — структуровані композиційні матеріали із середнім значенням однієї із фаз менше 100 нм. Завдяки зменшеним середнім розмірів кристалітів та ущільненням матеріалів, такі композити мають підвищені механічні характеристики. Наноконпозиційні матеріали це сучасний багатофункціональний композиційний матеріал. Головною характеристикою для нього є наявність нанорозмірних часточок. Саме їх наявність впливає на властивості такого композиційного матеріалу. У таких композиційних матеріалів вуглецеві волокна армовані ниткоподібними кристалами. Саме цей тип композиційних матеріалів до кінця ще й досі не повністю досліджені. Розробка принципів отримання полімерних наноконпозитів є одним із найпопулярніших та найперспективніших напрямків діяльності в матеріалознавстві. Широком класом композиційних матеріалів є армовані нановолокнами кераміка та пластики.

Наноконпозити на основі кераміки та полімерів володіють наступними характеристиками:

- Пружність;
- Гнучкість;

- Зносостійкість;
- Твердість (характерна для скла);
- Можлива вторинна переробка.

Висновок: Завдяки своїм фізикомеханічним властивостям, а саме: висока міцність, мала вага, антикорозійність, діелектричність, зручність виготовлення композиційних матеріалів, завдяки використанню методів вакуумної формовки та намотування. Композитні матеріали все частіше використовуються в різного роду механізмах у різних галузях, саме тому ми вирішенням для створення механізму, став композиційний матеріал.

РОЗДІЛ 2

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ОСНОВІ ПАРАЛЕЛЬНОЇ КІНЕМАТИКИ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ

Механізм крокуючих ланок самохідного роботизованого комплексу спеціального призначення виконаний на подібні системи паралельної структури «гексапод».

Системи паралельної структури «гексапод» часто використовуються там, де присутні великі навантаження, а також в механізмах, підвищеної точності. Одним із таких механізмів є авіаційний симулятор, адже під час злету, посадки та маневрів, на пасажів літака діють сили перенавантаження від різкого перепаду прискорення та маси самих пасажирів.

Широко застосування механізмів з паралельною кінематикою знаходять в верстатобудуванні та авіасимуляторах для тренування майбутніх екіпажів літаків. У верстатобудуванні дана концепція часто застосовується при високоточній та надточній обробці, адже така конструкція дає на порядок менші відхилення в порівнянні з механізмом послідовної конструкції. Також механізми, що працюють за принципом паралельної кінематики здатні витримувати на порядок вищі навантаження.

Саме тому такі механізми широко використовуються при будівництві авіатренажерів. Адже для симуляції зльотів, посадок, польотів, поворотів та зміни висоти польоту до механізму потрібно прикласти певні навантаження, які цей механізм має витримати без поломок (рис.2.1).



*Рис.2.1. Зображення авіатренажеру Drem Aero на виставці в
Новосибірську*

Механізми паралельної кінематики (трипод, гексапод (рис.2.2), октопод і т. п.) представляють собою важелі змінної довжини, які шарнірно з'єднані з двома основами. В залежності від кількості важелів, змінюється приставка в назві механізму (наприклад «гексо-» з давньогрецької мови походить від слова «hex» — шість).

Учені Стюарт та Гью перші, хто прийшли до концепції механічної платформи, що працює за принципом паралельної кінематики.



Рис.2.2. Зображення механізму паралельної структури «Гексапод»

Вали в конструкціях гексаподів для авіатренажерів представлені у вигляді гідроциліндрів. Варіюючи робочі позиції штока гідроциліндра, змінюється відстань від нижньої точки кріплення гідроциліндра до нижньої основи, до верхньої точки кріплення гідроциліндра до верхньої основи. Вали в точках кріплення монтуються попарно, так щоб на верхній та нижній основі було по 3 основних точок кріплення (рис.2.1).

Зазвичай нижня основа виступає як елемент кріплення до підлоги (як нерухомий компонент). При зміні робочих точок штоків гідроциліндрів, змінюється відстань від нижніх точок кріплення, до верхніх. Таким способом здійснюється керування положенням верхньої основи. Керування відбувається регулюючи 3-ох оборотних та 3-ох поступальних рухів. Кожен напрямок руху має назву «ступінь вільності» і відповідає за тип конструкції механізму.

Завдяки унікальності конструкції Стюарта, верхня основа може пописувати будь-яку поверхню, тобто рухатися по 3-ох поступальних та 3-ох обертальних напрямках. Дана платформа має шість степеней вільності.

Між собою платформи відрізняються габаритними розмірами, вантажепід'ємністю, точністю, швидкістю руху і т. п..

Авіасимулятор дає можливість не тільки візуалізувати рухи літака при різних маневрах, а й передати відчуття перегрузок що в реальності б прикладалися на людину. Екіпаж літака має можливість фізично відчувати різницю між нагрузками при зльоті, посадці, польоті, повороті т. п..

Основою для створення ілюзії навантаження екіпажу літака при маневрах в механізмі авіасимуляції є інерційна сила тіла пілота відносно крісла літка. Різноманіття сил інерції, що діють на тіло учасника. При роботі механізму ми розглядаємо три окремих напрямків рухів: напрямок руху літака, напрямок руху тіла пілота та напрямок руху верхньої основи механізму (місце встановлення кабіни авіасимулятора).

Керування авіасимулятора відбувається в комп'ютерному режимі. Комп'ютер контролюючи зміну довжин важелів (у нашому випадку циліндрів), стимулює верхню основу рухатися в певному напрямку. Під час цього прискорення з верхньої основи передається на кабіну і в свою чергу на крісло пілота. Пілот в свою чергу змушений відчувати невеликі перевантаження, оскільки прискорення з крісла передаються на тіло пілота. На жаль, дане відчуття триває не довго, але цього достатньо для створення правдоподібного відчуття в тілі пілота.

Рухома основа створює прискорення в кожному часовому проміжку, протягом часу зміни довжини важелів. Для створення довшого ефекту від руху основи, використовують відхилення основи більш довготривалим. Даний вид навантаження сприймається нашим організмом (а саме вестибулярним апаратом) як фактичне перенавантаження, в той момент, як пілот просто нерівно поміщений до крісла.

Польот літака можна умовно розділити на декілька етапів: розгон, зліт, набір висоти, посадка і т. п.

1.1 Розгон

У реальності літак знаходиться на полосі зльоту. Двигуни літака вмикаються і створюючи силу тяги починає розганяти літак по полосі. Тіла екіпажу та пасажирів створюють опір силі тяги, намагаючись спрямувати до свого початкового стану, але літак прямує по полосі зльоту рухаючи тіла вперед. Оскільки відсутнє переміщення по висоті, адже літак рухається на землі по полосі зльоту, то екіпаж і пасажирів відчувають лише те, як їх вдавлює в спинки сидіння.

При симуляції розгону відбувається наступне: кабіна, що прикріплена до верхньої основи) відхиляється назад. У цей час в кабіні на екрані відтворюється зображення навколишнього світу таким, як воно і було (по горизонталі) (рис.2.3).

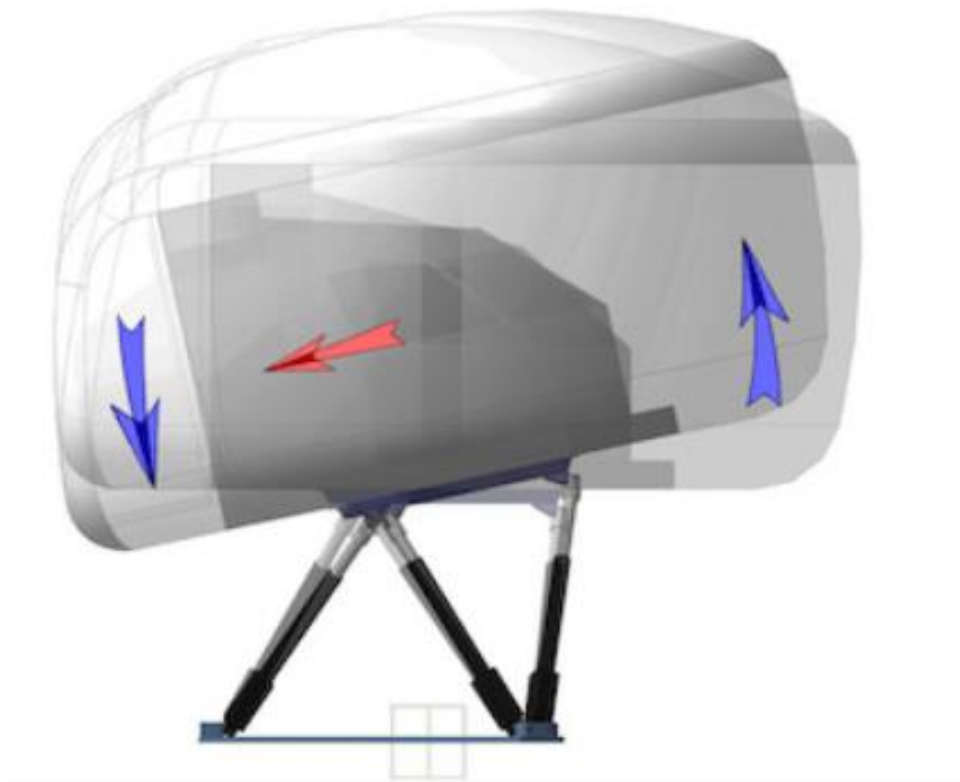


Рис.2.3. Напрямок руху кабіни при симуляції розгону літака

1.2 Зліт

У реальності літак, що досягнув швидкості точки відриву продовжує збільшувати швидкість надалі відриваючись від полоси. Зазвичай набір висоти польоту при зльоті відбувається з рівномірною вертикальною

швидкістю (відсутнє вертикальне прискорення). Екіпаж та пасажери відчуватимуть лише початкову точку підйому та кінцеву.

При симуляції до руху основи додається рух нахилу фюзеляжу і верхня основа починає рухатися догори (рис.2.4).

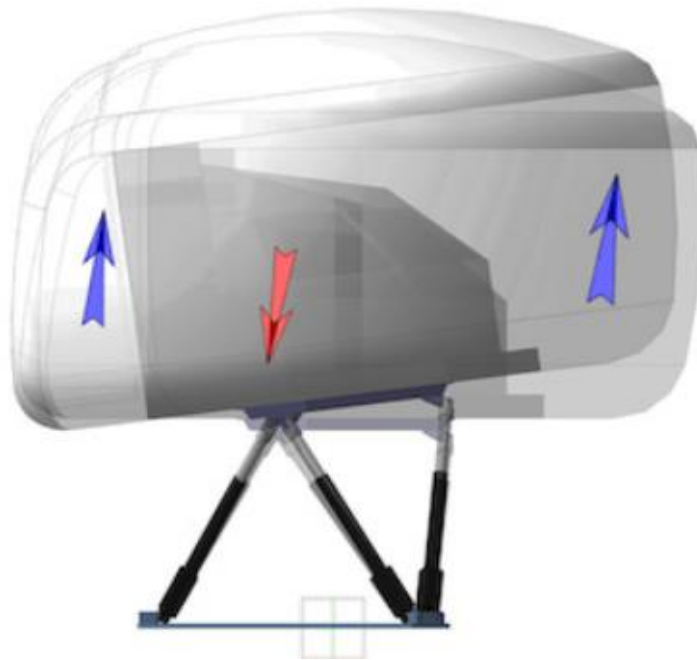


Рис.2.4. Напрямок руху кабіни при симуляції зльоту літака

1.3 Набір висоти

У реальності зменшення шуму від двигунів співпадає з моментом появи незначного від'ємного перенавантаження (появою миттєвого відчуття невагомості). Набір висоти іноді відбувається нерівномірно, час від часу з'являються проміжки часу зі ступінчастим ростом швидкості. Досягнувши необхідної висоти на двигунах зменшується тягова сила і літак виводиться на горизонтальне положення польоту, а тіла екіпажу та пасажирів продовжують по інерції летіти догори.

При симуляції кабіна також повторює рух, при якому літак повертається в горизонтальне положення. У пілота з'являється відчуття, наче крісло починає менше на нього давити і наче вилітає з-під тіла (рис.2.5).

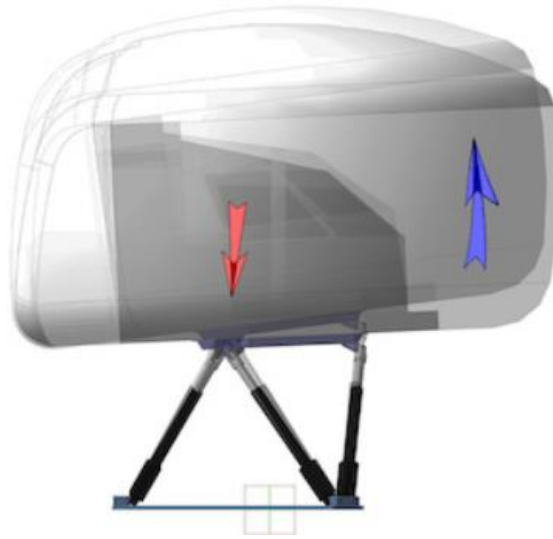


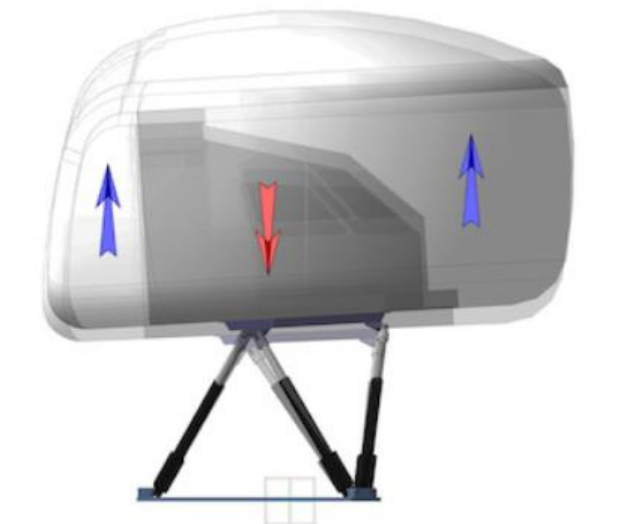
Рис.2.5 Напрямок руху кабіни при симуляції набору висоти літака

1.4 Посадка, пробіг, боковий вітер

При посадці літака виокремлюють два важливих моменти.

Перший: момент дотику шасі та злітної полоси. Екіпаж та пасажери в цей момент відчують як їх поштовхом вдавлює в крісло і одразу ж відпускає.

При симуляції кабіна різко піднімається вгору, відповідно тіло пілота вдавлює в крісло (рис.2.6).



*Рис.2.6. Напрямок руху кабіни при симуляції дотику шасі літака та злітної
полоси*

Другий: момент тормозу. Після того, як літак знаходиться не в повітрі а на полосі, пілот виконує заторможення літака. Під час цього екіпаж та пасажери відчують різкий нахил вперед.

При симуляції кабіна різко відводиться назад, а тіло пілота прямує вперед, так як і в реальних умовах при реальному гальмуванню.

Висновок: Механізми МПС використовуються для виконання різнотипових завдань. Особливо в умовах впливу високих навантажень, забезпечення точності рухів та запобігання небезпеки життєдіяльності людини. Також паралельна структура забезпечує 6 степеней вільності для вихідної ланки, яка необхідна для руху роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ОПИС КРОКУЮЧОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

3.1 Проведення підбору оптимального рішення конструкції крокуючої ланки роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій та її розрахунок напружено деформованого стану

Першим варіантом верхньої частини крокуючої ланки був варіант, який являє собою оболонку ланки важіля верхнього елемента крокуючої ланки з композиційного матеріалу(рис.3.1.1).



Рис.3.1.1. Перший варіант верхньої частини крокуючої ланки

Ланка являє собою оболонку з композиційного матеріалу, товщина стінки якої складає 6 мм. В ланці виконано два отвори, які відповідають

профілю електроприводів з КД, а в місцях кріплення, власне, крокових серводвигунів розміщено різьбові втулки, для того щоб закріпити, безпосередньо, серводвигун в ніші ланки важіля верхнього елемента крокуючої ланки крокуючого вузла. Такі ніші виконано як в нижній частині ланки, так і в верхній частині крокуючої ланки. Це зроблено для того, щоб закріпити двигун, який кріпиться до частини крокуючої ланки, яка з'єднується з рамою роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Нижня частина забезпечує перехід від верхньої ланки крокуючого механізму до механізму торсіону, який в свою чергу з'єднує верхню частину вузла з нижньою.

Характеристики такого прототипу надзвичайно високі. Так наприклад коефіцієнт запасу міцності складає більш а ніж 3(рис.3.1.2).

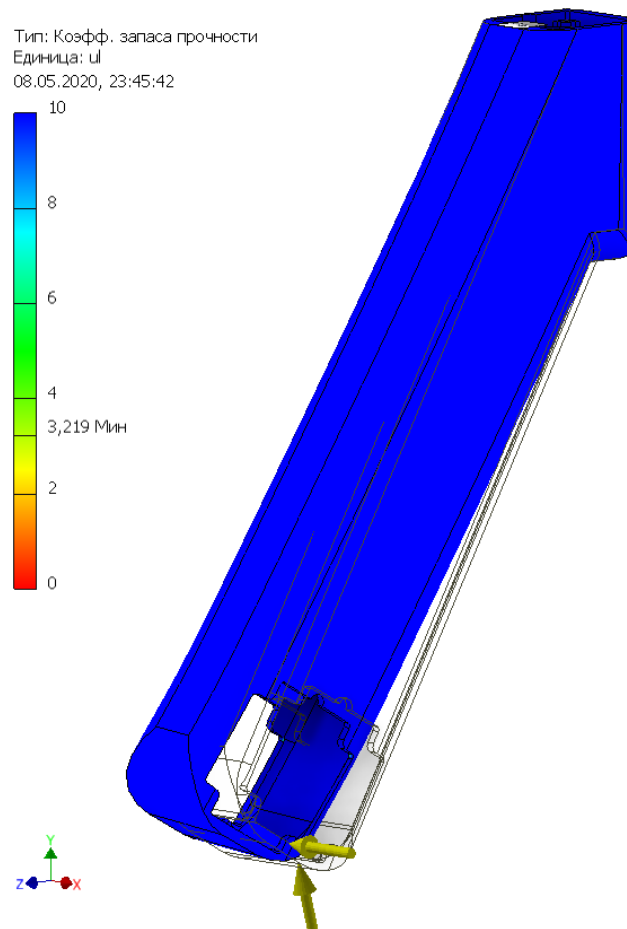


Рис.3.1.2. Аналіз першого варіанту верхньої частини крокуючої ланки на коефіцієнт запасу міцності

Це набагато більше ніж достатньо. Адже оптимальний коефіцієнт складає близько 1.5. Тому елемент не являє собою кінцевий варіант. Ще одним важливим фактором при виборі оптимального варіанти була можливість фіксації дискретних електроприводів. Адже базування отворів для їх кріплення являє собою надзвичайно незручний та важкий процес. Ще одним недоліком такої конструкції є те, що кромки шарів є відкритими і можуть бути схильними до руйнування внаслідок попадання на них капель води або іншої рідини. Цей недолік можна знівелювати покриттям кромок захисною плівкою. Але плівка є надзвичайно не довговічною у випадку якщо контактує з іншими елементами, у нашому випадку це дискретний електродвигун. Тому цей варіант нам також не підходить.

Наступним варіантом була схожа конструкція з попереднім варіантом, але проблема кромки в цьому варіанті усунена методом додавання в конструкцію додатковий так званих втулок, які вкручуються в місця кріплення дискретних електродвигунів(рис.3.1.3).



Рис.3.1.3. Другий варіант верхньої частини крокуючої ланки

Також цей варіант прибрав незручності з базуванням кріпильних втулок, адже різьба була виконана, безпосередньо, у втулці(рис.3.1.4).

Такий варіант забезпечував надійне закріплення електродвигунів з КД, адже за допомогою різьби, надійно кріпився в тілі верхньої ланки крокуючої частини роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Також в кожній втулці виконано поглиблення кріпильних площадок для монтування дискретного крокового електродвигуна урівень більшої циліндричної поверхні. Різьба не стандартної величини, що дасть змогу провести витки між шарами і не пошкодити їх.

У верхній частині втулки виконано лиски, що відповідають стандартному гайковому ключу на 115 та 75.

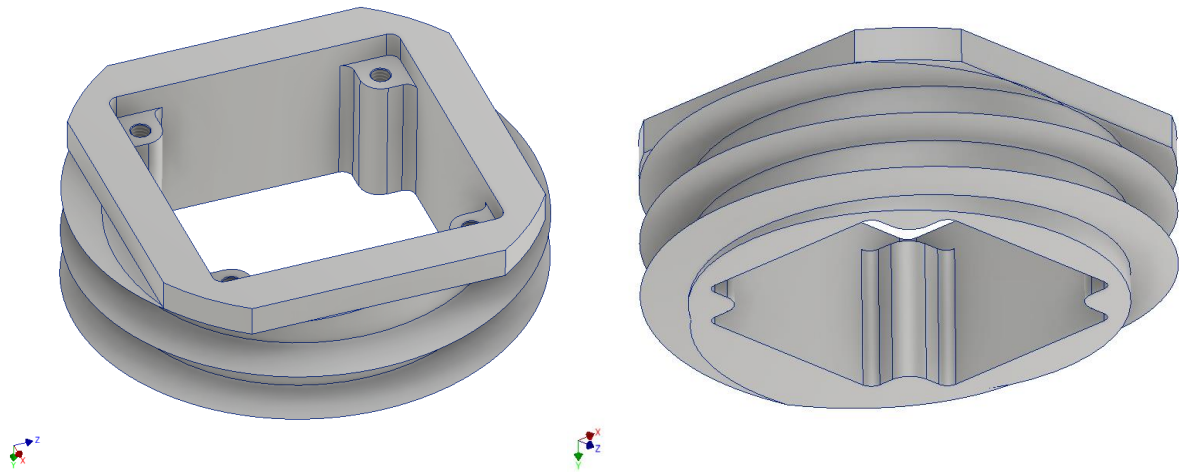


Рис.3.1.4. Кріпильні втулки дискретних електродвигунів

Але вже ж таки коефіцієнт значно більший оптимального, а саме 7,7(рис.3.1.5). Це може викликати проблеми з вагою ланки, що потягне за собою необхідність збільшувати потужність двигунів які їх утримують внаслідок збільшення моменту який діятиме на, безпосередньо, двигун. Також слід зазначити, яким методом була б виготовлена ця деталь. Метод обмотки полягає в намотці композитного волокна на жорстку основу, в нашому випадку алюмінієву раму. Це значно збільшить вагу механізму. Загальна вага такого вузла становить близько 6 кілограм, що для нас загрожує вибором нового двигуна з КД, який буде на порядок більшої потужності та на порядок важчий.

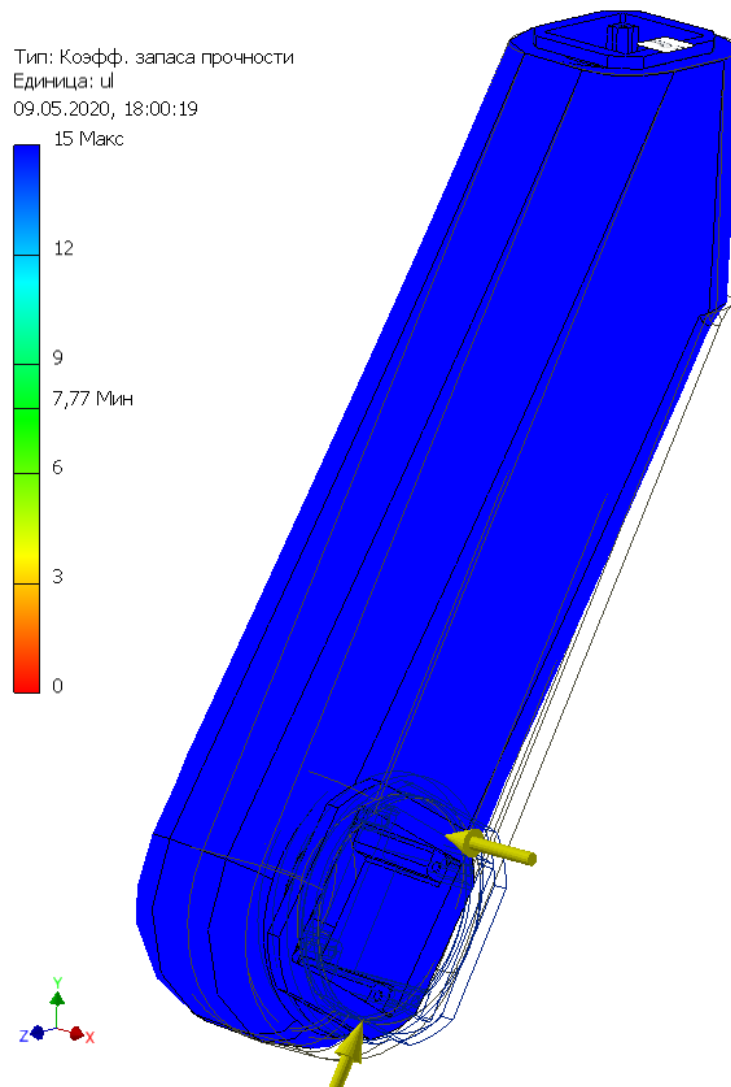


Рис.3.1.5. Аналіз другого варіанту верхньої частини крокуючої ланки на коефіцієнт запасу міцності

Це найбільш ресурсовитратний варіант з усіх запропонованих, хоча він і найбільш міцний. Разом з тим він і найбільш складний у виконанні. Тому від даного варіанту необхідно було відмовитись.

Найбільш оптимальним способом було виготовлення такої ланки з цільної частини металу. У випадку, якщо ланка буде виконана зі сталі, це покличе за собою, в подальшому, затрати на обробку. Адже, щоб зменшити вагу елемента, необхідно провести операції фрезерування. Це забере надзвичайно багато часу та коштів на обробку, тому що для виведення форми необхідно використати велику кількість інструменту та робочих годин обслуговуючого персоналу. В кінцевому результаті ми отримаємо

економічно нераціональний варіант для ланки, на який необхідно витратити велику кількість трудової години. Тому було прийняте рішення виконати елемент верхньої частини крокуючого механізму роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій з алюмінієвого сплаву АМ5(рис.3.1.6). Це дасть нам змогу отримати необхідну нам форму деталі за допомогою виливки. Це значно зекономить кількість затрачених трудової години та кількість інструменту, який буде використаний при обробці. У даному варіанті необхідно тільки обробити місця посадки дискретних крокових двигунів на різьбові отвори.



Рис.3.1.6. Остаточний варіант верхньої частини крокуючої ланки

Отже, відповідно до вимог до крокуючого механізму, розроблено конструкцію ланки, яка оптимально забезпечує роботу механізму, не є матеріалозатратним та легшим у використанні.

3.2 Конструктивне рішення виконання крокуючої ланки та вузлів кріплення елементів роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

Роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій може виконувати спеціальні задачі в умовах, що є небезпечними для здоров'я та життя людини. Тому важливим є завдання забезпечити можливість самостійного переміщення для роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Механізм роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій має не тільки самостійно пересуватися, а й самостійно долати перешкоди в напрямку руху.

Конструктивно роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій умовно можна поділити на дві головні частини: верхня та нижня (рис.3.2.1).

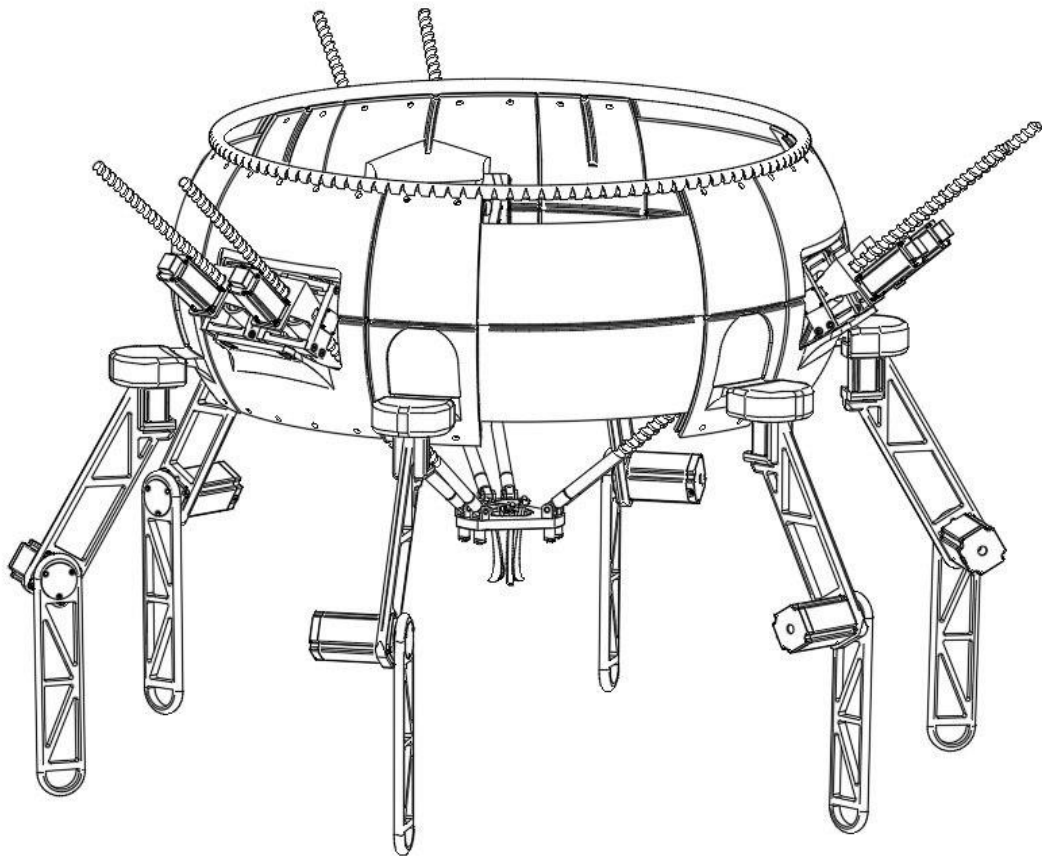


Рис.3.2.1 Модель роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

До верхньої конструктивної частини відносяться: рама, металеві накладки на раму для передачі на раму навантаження від ваги та роботи сервоприводів зі штангами, внутрішні та зовнішні накладки на раму для кріплення гіроскопічних рамок, сервоприводи, що приводять в рух штанги змінної довжини, штанги змінної довжини, схват (рис.3.2.2).

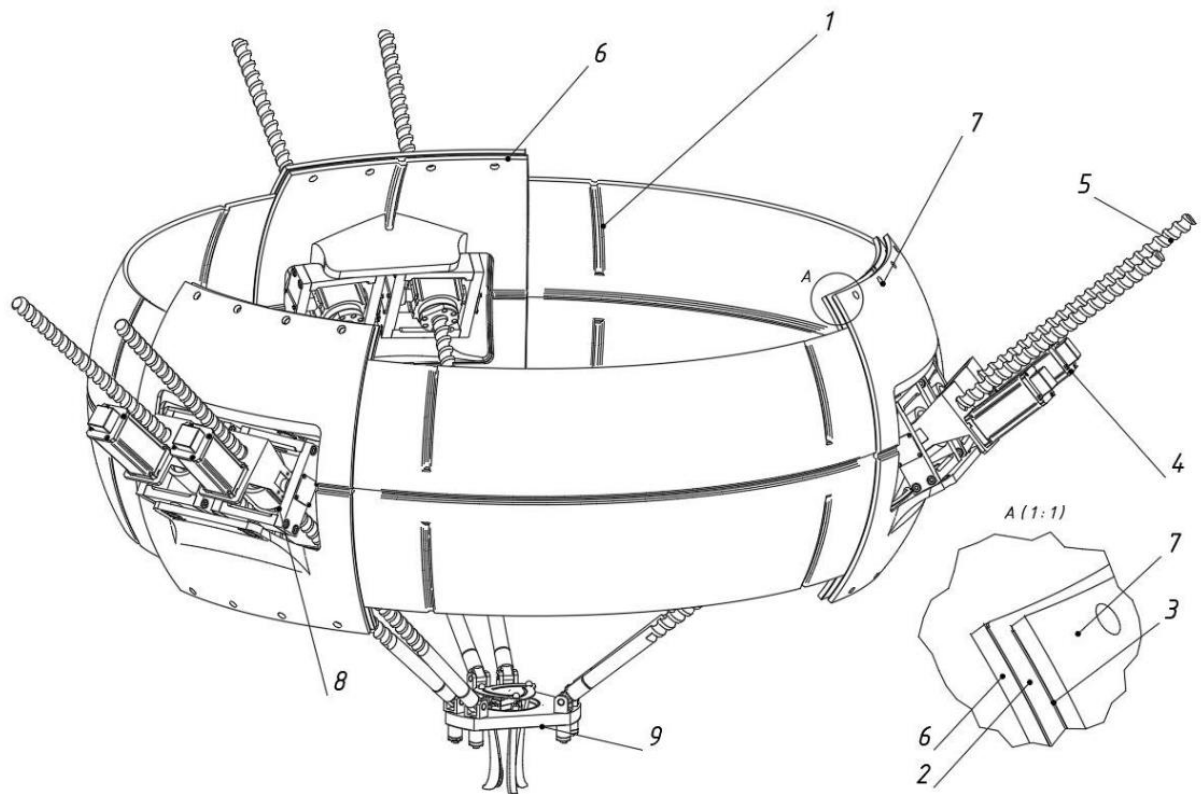


Рис.3.2.2. Верхня конструктивна частина роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

Рама та накладки (внутрішні та зовнішні) виконані із композиційного матеріалу. Процес виготовлення яких відбуватиметься за використання напівфабрикату (препрег Style 7781 E-Glass). Даний напівфабрикат предсталає собою набір тканинних слоїв скловолокна, плетіння якого виконано методом «сатин», що просякнутий епоксидною смолою ЕРОХУ 5245С. Структура напрямку волокон матиме вигляд $[0/90/\pm 45/\pm 45/90/0]$. Кількість основних слоїв становить 8. Форма рами та відповідно накладок. Що з нею контактують представлена у вигляді зовнішньої поверхні тора.

До нижньої конструктивної частини відносяться: дискретні крокові електроприводи, внутрішні та зовнішні накладки для кріплення дискретних крокових електроприводів, верхня крокуюча ланка, дискретний кроковий двигун з торсіоном та нижня крокуюча ланка (рис3.2.3).

Нижня конструктивна частина роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій відповідає за мобільну здатність механізму.

Конструкція механізму крокування була підібрана зі схеми гексапод (від слова hex, що має значення числа «шість»). Тобто кількість крокуючих елементів комплексу «лапок» становить шість. Кожна крокуюча ланка складається із двох ланок: важіля верхнього елемента крокуючої ланки та нижнього. Дана будова крокуючих ланок запозичена із біологічного світу, тобто аналогом є будова лапки звичайної комахи.

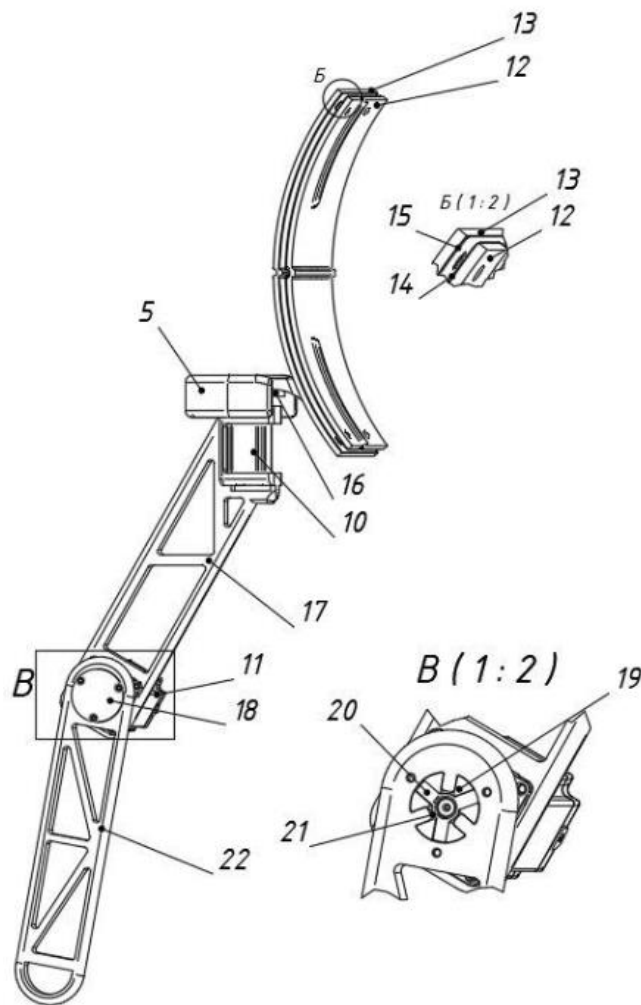


Рис.3.2.3. Нижня конструктивна частика роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

Верхня частина крокуючої ланки представлена у вигляді рами 17 зі стаканом у верхній частині конструкції для розміщення та закріплення верхнього дискретного крокового електропривода. У нижній частині конструкції ланки, виконано отвір 20 для подальшого монтування в нього нижнього дискретного крокового електропривода, що відповідає за переміщення нижнього важеля конструкції крокуючої ланки.



Рис.3.2.3. Важіль верхньої частини крокуючої ланки

Конструкція верхньої та нижньої частин крокуючої ланки підібрана у вигляді рами для того, щоб не зменшуючи показники міцності та жорсткості, кардинально зменшити вагу елемента, адже саме цей показник

має істотний вплив на роботу верхніх та нижніх дискретних крокових електроприводів.

Параметри верхнього та нижнього важелів крокуючої ланки наведені на Рис. Елементи виконано зі високоміцного жароміцного алюмінієвого сплаву АМ5 (сплав на основі алюмінію з добавками купруму, мангану та інших елементів). Детальний склад сплаву наведений в таблиці 1.

Таблиця 1

Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Zr	Mg	Zn	Домішки
до 0.2	до 0.3	0.6 - 1	до 0.1	0.15 – 0.35	92.75 – 94.75	4.5 – 5.3	до 0.2	до 0.5	до 0.2	всього 0.9

Лінійно технологічною властивістю сплаву АМ5 є лінійна усадка, яка становить 1.3 %. Твердість сплаву при температурі 20 °С становить 70 – 90 МПа. Характеристики сплаву АМ5 наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Марка сплаву	Спосіб лиття	Вид термообробки	Тимчасова протидія розриву, МПа	Відносне видовження, %	Твердість в НВ
			Не менше		
Група №3. Сплави на основі системи Al-Cu					
АМ5 (АЛ19)	3, В, К	T4	294	8,0	70
	3, В, К	T5	333	4,0	90
	3	T7	314	2,0	80
АМ4, 5Кд (ВАЛ10)	3, В	T5	392	7,0	90
	К	T5	431	8,0	100
	3, В	T6	421	4,0	110

	K	T7	490	4,0	120
	3		323	5,0	90

Даний сплав має високу міцність поверхні. Формоутворення елементів із даного сплаву відбувається методом лиття під тиском. Сплав АМ5 можна використовувати при литті як піщані форми (зазвичай при одиничному виробництві) та кокіль (при масовому виробництві). Досить часто даний сплав використовується при виготовленні втулкових підшипників.

Вага верхнього важіля крокуючої ланки становить 1.400 кг(рис3.2.4).

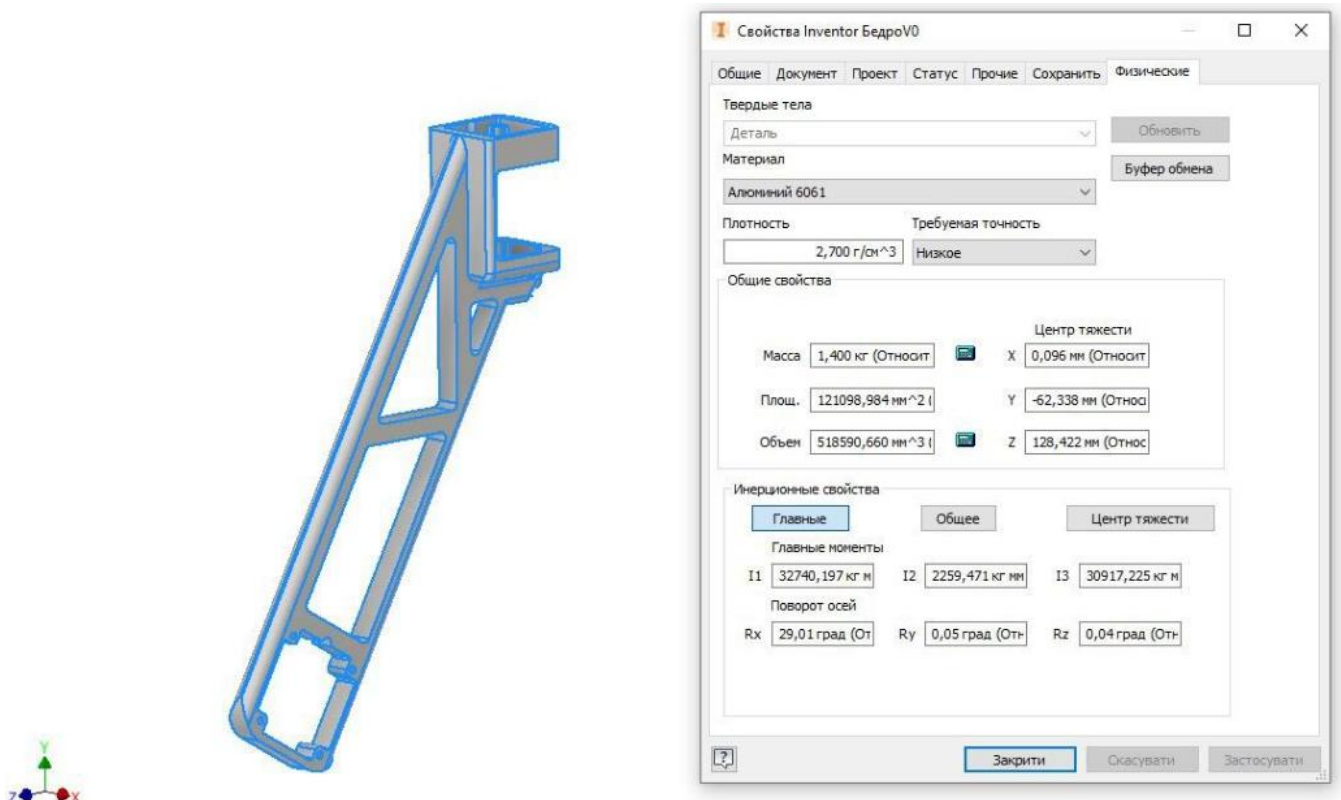


Рис.3.2.4. Властивості важіля верхньої частини крокуючої ланки

Габаритні розміри важіля верхньої частини крокуючої ланки наведені на рисунку . А саме довжина ланки становить 472 мм, ширина 313 мм та товщина 70 мм. Розміри отвору стакана для розміщення та закріплення верхнього дискретного крокового електропривода співпадають із габаритами самого верхнього дискретного крокового електропривода.

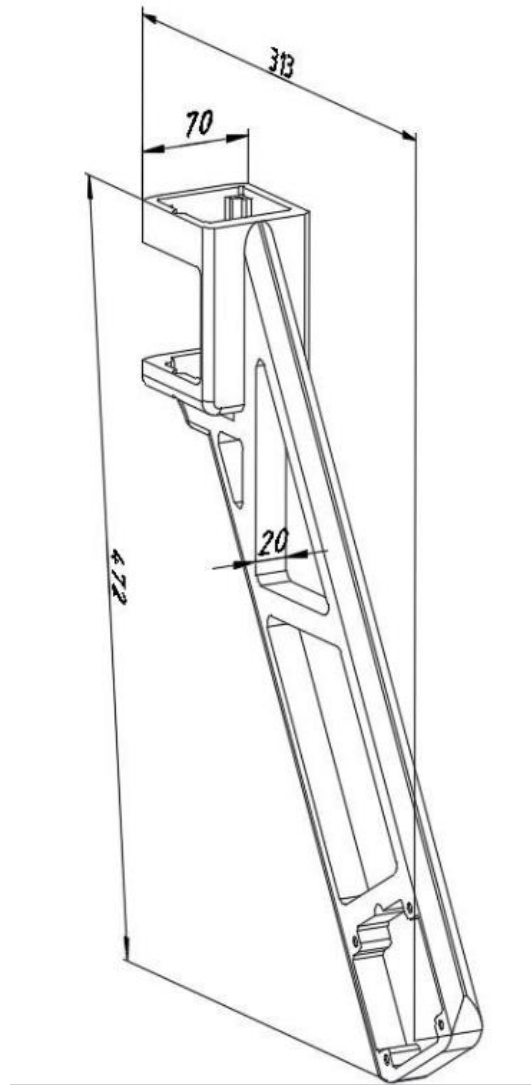


Рис.3.2.5. Габаритні розміри елемента важіля верхньої частини крокуючої ланки

Нижня частина крокуючої ланки також як і верхня представлена у вигляді рами () із отвором специфічної геометрії (), що знаходиться у верхній частині конструкції для розміщення закріплення нижнього дискретного крокового електропривода (Рис.) та модернізацію вузла за рахунок додатково встановленого демпфера у вигляді торсіону.

Вага важіля нижньої частини крокуючої ланки становить 1.200 кг (рис3.2.6).

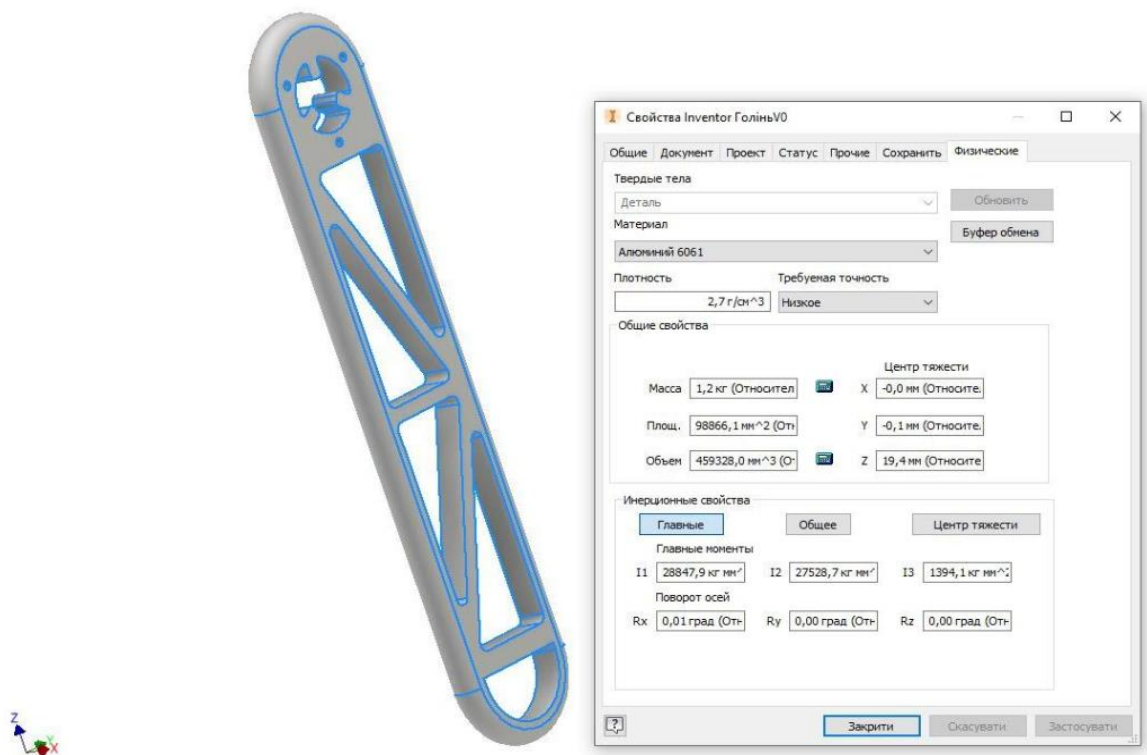


Рис.3.2.6. Властивості важеля верхньої частини крокуючої ланки

Зовнішні заокруглення важелів верхньої та нижньої частин крокуючої ланки виконані величиною радіуса 10 мм. Це дає змогу додатково зменшити вагу ланок та придати елементам естетичного візуального вигляду. Внутрішні заокруглення важелів верхньої та нижньої частин крокуючої ланки виконані величиною радіуса 5 мм. Що надає цим елементам підвищеної міцності, адже відбувається позбавлення концентраторів напружень у вигляді внутрішніх ребер між перегородками.

Робочий рух важеля нижньої частини крокуючої ланки становить 40°(рис3.2.7).

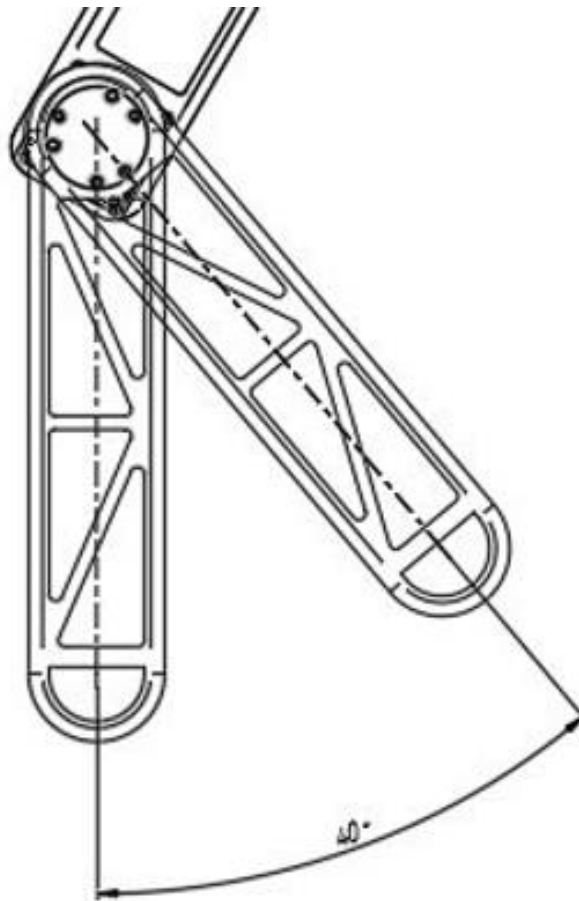


Рис.3.2.7. Робочий кут важіля нижньої частини крокуючої ланки

Габаритні розміри нижньої частини крокуючої ланки представлені на рисунку. Довжина ланки становить 480 мм, ширина 98 мм та товщина 20 мм (рис3.2.8).

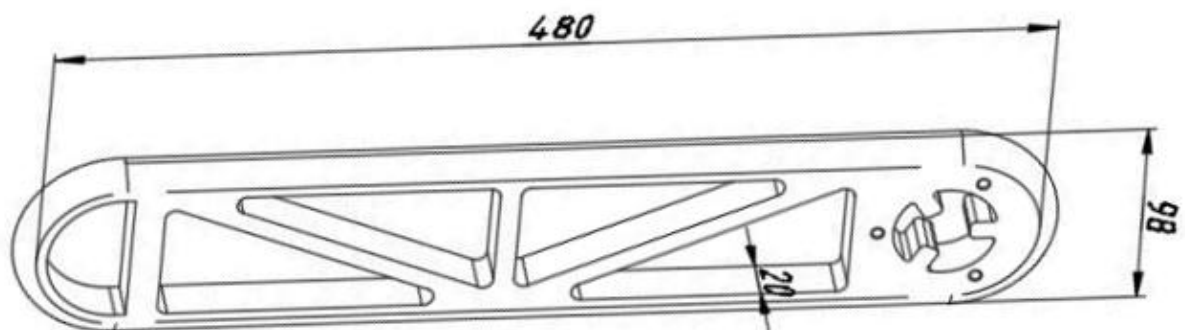


Рис.3.2.8. Габаритні розміри важіля нижньої частини крокуючої ланки

А робоча зона відносно важеля верхньої частини крокуючої ланки знаходиться між позиціями кутових показників 150° та 110° (рис3.2.9).

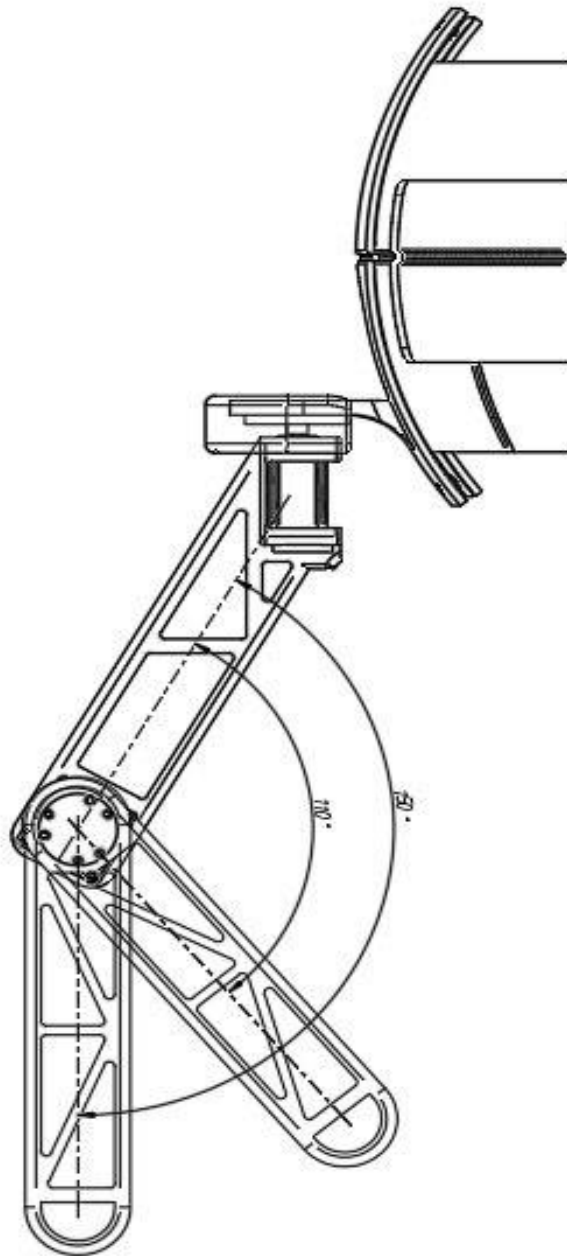


Рис.3.2.9. Робоча зона важеля нижньої частини крокуючої ланки відносно верхньої

Особливу увагу варто звернути на рухомий вузол, що з'єднує верхню та нижню частини крокуючої ланки роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій(рис3.2.10).

Особливістю даного вузла є його модернізація. А саме, вузол здатний до демфування ударних навантажень. Нижня частина верхньої частини крокуючої ланки з'єднується з корпусом сервопривода через кріплення чотирьох болтів. Торсіон включає в себе три елемента: внутрішня частина торсіона — вал-зірочка, зовнішня частина торсіона — геометрія отвору у верхній частині важіля нижньої частини крокуючої ланки. На осі нижнього дискретного крокового електропривода встановлюється внутрішня частина торсіона, що візуально схожа на вал-зірочку. По внутрішній частині валу-зірочки, зроблено паз, яких сприяє передачі крутного моменту від валу нижнього дискретного крокового електропривода. У верхній частині важіля крокуючої ланки виконано специфічний отвір, для монтажу внутрішньої частини торсіона. Між двома елементами вузла торсіону вмонтовано ризинові вставки по обидві стони від виступу зірочки, кількість яких становить шість. Вузол оснащено кришками по обидві сторони для запобігання потрапляння забруднюючих частинок в вузол.

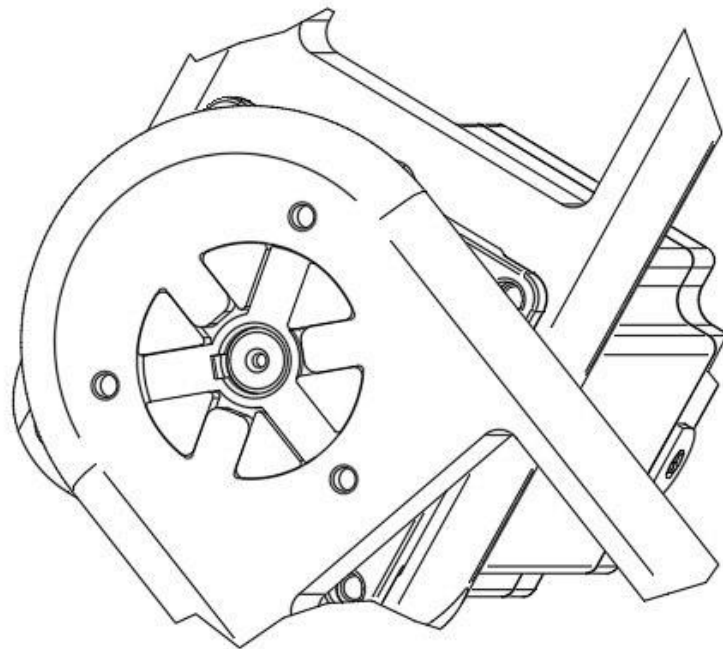


Рис.3.2.10. Зображення торсіону між верхньою та нижньою частинами крокуючої ланки

Верхня частина верхньої частини крокуючої ланки оснащена спеціальним стаканом, для розміщення та закріплення верхнього дискретного крокового електропривода, що знаходиться біля важіля верхньої частини крокуючої ланки. Геометрія та габарити отвору стакану співпадають із геометрією та габаритами верхнього дискретного крокового електропривода, що знаходиться біля важіля верхньої частини крокуючої ланки. Корпус дискретного крокового електропривода кріпиться за допомогою чотирьох болтів. Вал сервопривода з'єднується із пластинкою виступу зовнішньої накладки рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій (рис3.2.11).

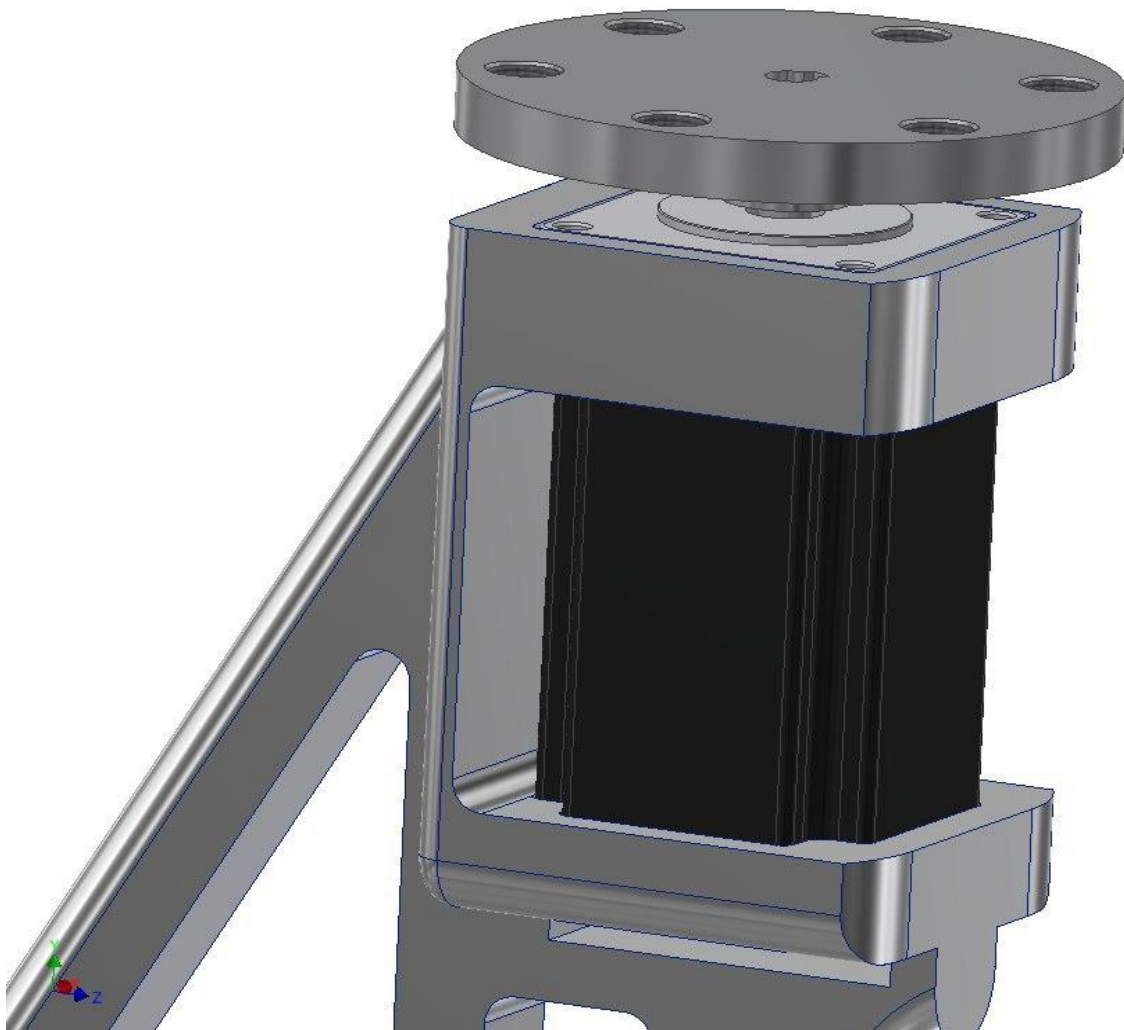


Рис.3.2.11. Верхній вузол між накладкою та верхньою частиною крокуючої ланки

Поверх верхніх дискретних крокових електроприводів встановлюємо спеціальні кришки. Вони будуть захищати вузол від попадання вологи та забруднюючих часточок до вузла.

Кришки виконані із пластику, що робить їх простими у виготовленні, легкими в порівнянні із металевими сплавами та забезпечує візуальну естетику вузла механізму. Кришка кріпиться на вал сервопривода із посадкою з натягом, що робить процес її установки максимально зручним(рис3.2.12).

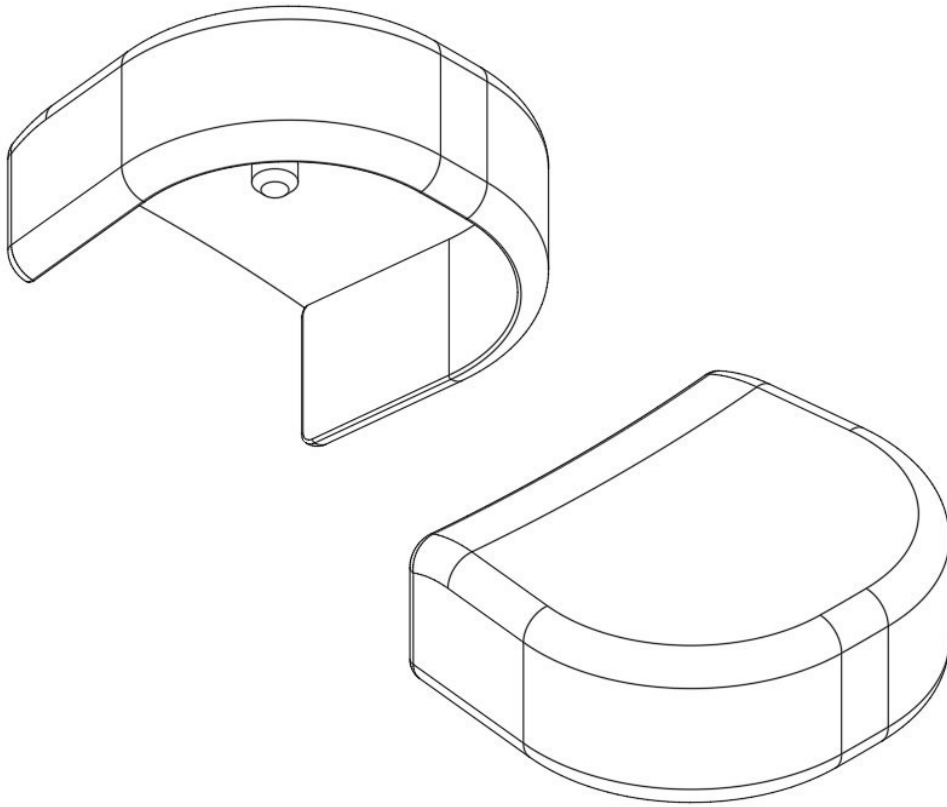


Рис.3.2.12. Зображення захисних кришок на верхніх дискретних крокових електроприводах

3.3 Розрахунок напружено-деформованого стану експериментальних варіантів виконання елементів крокуючої ланки

При конструюванні будь-якого механізму перед інженером стоїть важлива задача забезпечення міцності та жорсткості механізму.

Тому проведемо аналіз напружено-деформованого стану ланок роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Для аналізу використаємо середовище Inventor. Потрібно розуміти, що кожна ланка механізму сприймає певні комбінації навантажень, тому для проведення аналізу на напружено-деформований стан необхідно уважно проаналізувати механізм в цілому та окремо кожен елемент.

Крокуюча ланка механізму має дві позиції: активну та пасивну. Під час активної позиції, ланка має розгорнутий вигляд (рис 3.3.1). В цей момент нижня точка ланки знаходиться на підлозі і ланка активно сприймає навантаження від всієї ваги роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

На елементи крокуючої ланки механізму гексапода діє ряд навантажень, а саме вага від схвату, вага від шести штанг змінної довжини, вага шести кроко-вих двигунів, що обертають штанги, вага шести гіроскопічних рамок, вага рами, вага накладок, вага шести крокуючих ланок разом із дискретними кроковими електроприводами. Також ланки сприйматимуть навантаження від роботи маніпулятора. Кожна крокуюча ланка включає в себе наступні вузли, а саме: безпосередньо, ланки які сприймають навантаження на стиск-розтяг та згин, це важелі верхньої частина крокуючої ланки та її нижньої частини, крокуючий двигун що кріпиться до нижньої частини верхньої ланки, який в свою чергу, через вузол торсіона, з'єднується з важілем нижньої частини крокуючої ланки. Навантаження, які сприймаються ланками, є, в основному, ваги всіх комплектуючих елементів роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій та інерційні складові при переміщенні.

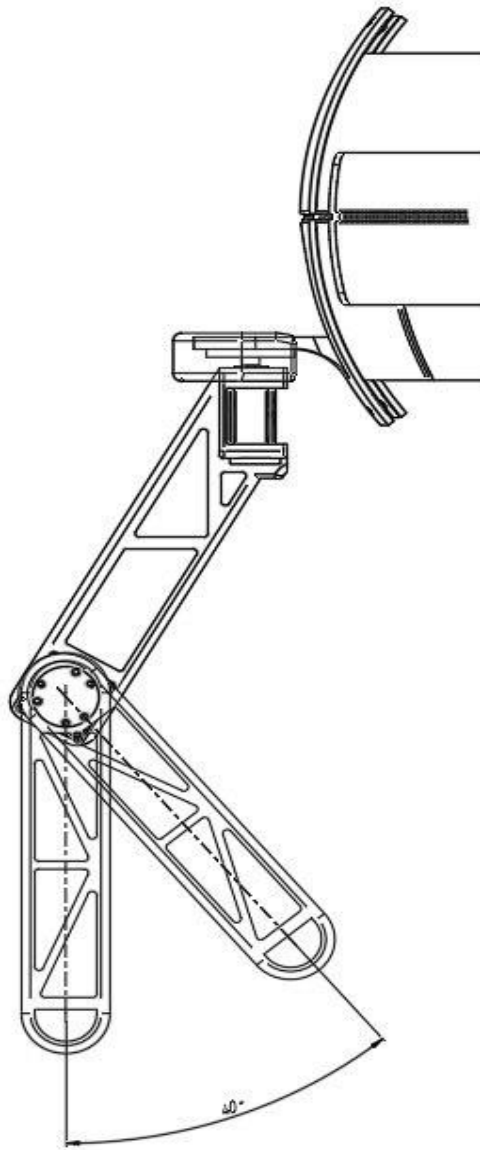


Рис.3.3.1. Крайні положення активної та пасивної стадій роботи крокуючої ланки

Навантаження на верхню частину крокуючої ланки, що включає в себе дискретний кроковий електропривод, що з'єднується з перехідним фланцем, який в свою чергу кріпиться до зовнішньої утримуючої накладки поясу рами, є, в основному, залежні від розміщення нижньої частини крокуючої ланки. В залежності від того як буде розміщена нижня частина крокуючої ланки, момент, який буде діяти на ці ланки, при розміщенні в вертикальному чи під кутом до вертикалі, буде відповідно збільшуватись або зменшуватись. Тому необхідно змодельовати найбільш небезпечний для

механізму стан, а саме стан, при якому всі навантаження будуть відповідати їхньому максимальному значенню.

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану для верхньої частини крокуючої ланки механізму(рис3.3.2).

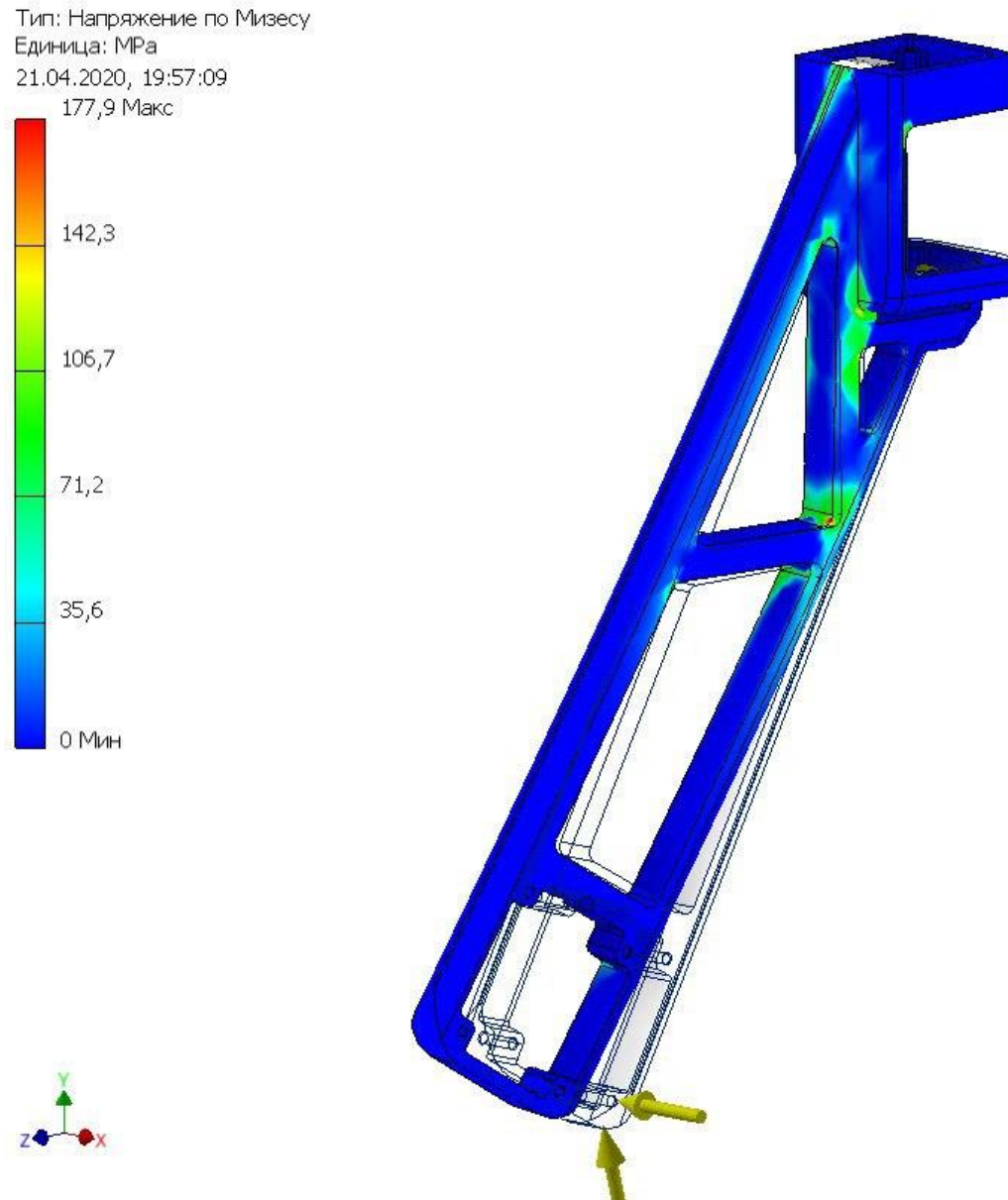


Рис.3.3.2. Аналіз навантажень на верхню частину крокуючої ланки механізму по Мізесу

Сили які були прикладені до верхньої частини крокуючої ланки механізму відповідають максимальним навантаженням які діють на комплекс. До нижньої частини верхньої частини крокуючої ланки прикладено зусилля, що відповідають силі в 50 кг в напрямку X та Y, що

імітують навантаження від ваги роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, що розділена на три ланки. Тобто найбільші навантаження деталь сприймає при роботі трьох крокуючих ланок. Окремо також прикладене навантаження на нижній пояс верхньої частини рами, який утримує дискретний кроковий електропривод.

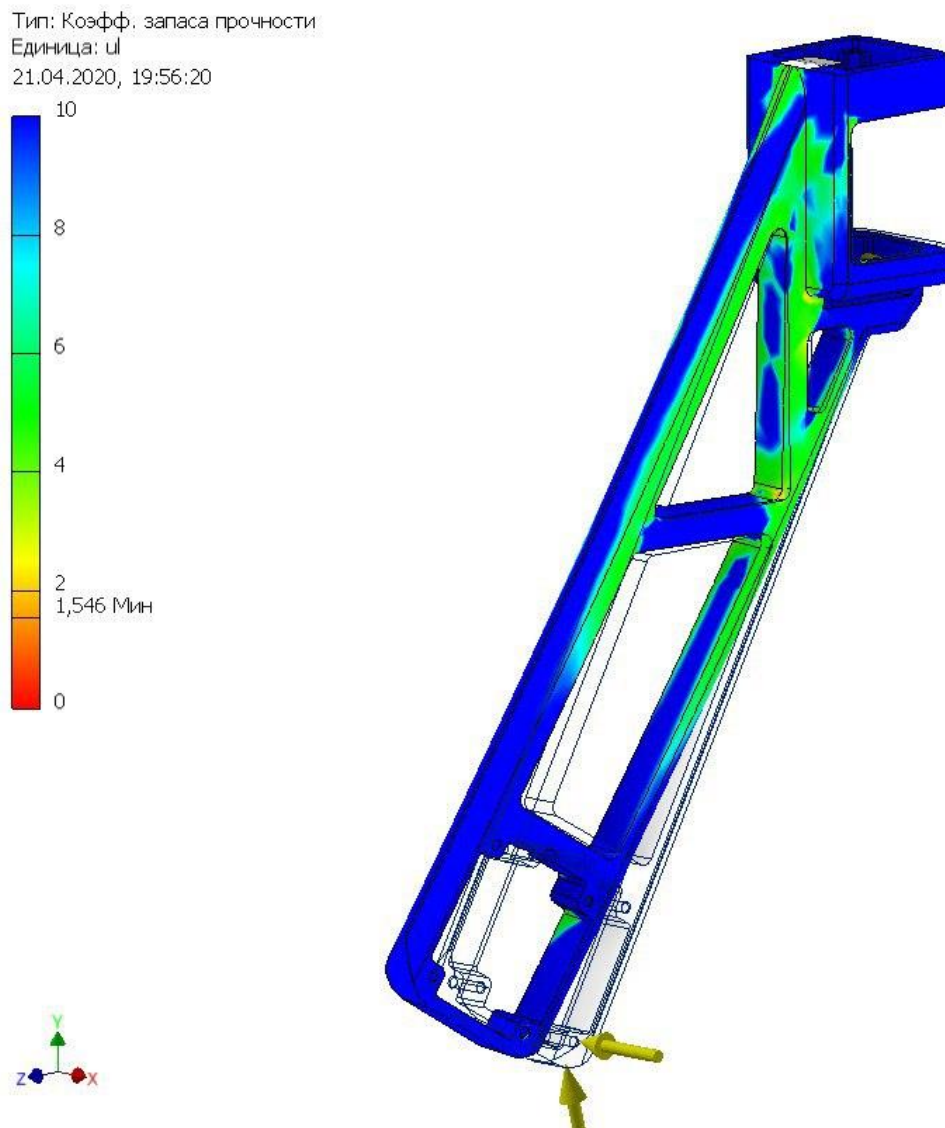


Рис.3.3.3. Аналіз коефіцієнту запасу міцності на верхню частину крокуючої ланки механізму

Це дозволяє розрахувати як буде себе поводити нижній пояс верхньої частини рами, який являє собою стакан, який утримує сервопривод. Така конструкція дозволяє більшою мірою перенести навантаження на згин з ротора дискретного крокового електропривода.

Аналіз навантажень на верхню частину крокуючої ланки механізму по Мізесу показує, що найбільші навантаження які сприймає ланка дорівнюють близько 178 МПа(рис3.3.3). Вони спостерігаються у верхній частині крокуючої ланки роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. А саме, це ділянка, що знаходиться при вершині прямого кута більшого верхнього трикутника, що слугує ребром жорсткості деталі. Навантаження близько 105 МПа, згідно аналізу, спостерігаються навколо ділянки з найбільшим навантаженням та на ребрі з стаканом, який утримує крокуючий двигун та верхня вершина великого трикутника. А саме навантаження зображено на ділянці при нижньому та верхньому поясі стакана. Також невеликі навантаження, близько 70МПа, проходять через зону верхньої частини утримуючого стакана в області, де, безпосередньо стікан переходить в стінку. Всі інші області сприймають помірні навантаження від 70 до 20МПа, що не впливає значним чином на її характеристики при роботі.

Аналіз коефіцієнту запасу міцності на верхню частину крокуючої ланки механізму наглядно показує нам, як ведуть себе поверхні деталі і на скільки вони витримують навантаження від сил(рис3.3.3). З Рис.3.3.3 Ми бачимо що найбільш небезпечною областю деталі є верхня частина ланки. Найменший коефіцієнт запасу міцності спостерігається в місці, що знаходиться при вершині прямого кута більшого верхнього трикутника, що відповідає найбільшим навантаженням по Мізесу. Коефіцієнт при цій вершині відповідає значенню 1.5, що є задовільним показником для цих матеріалів. Коефіцієнт запасу міцності близько 4 спостерігається у всій верхній частині верхньої крокуючої ланки а також у місці кріплення нижнього дискретного крокового електропривода. Всі інші ділянки зображаються без помітних змін, тобто їх коефіцієнт запасу міцності становить близько 10.

Тип: Смещение
Единица: mm
23.04.2020, 3:52:05
3,035 Макс

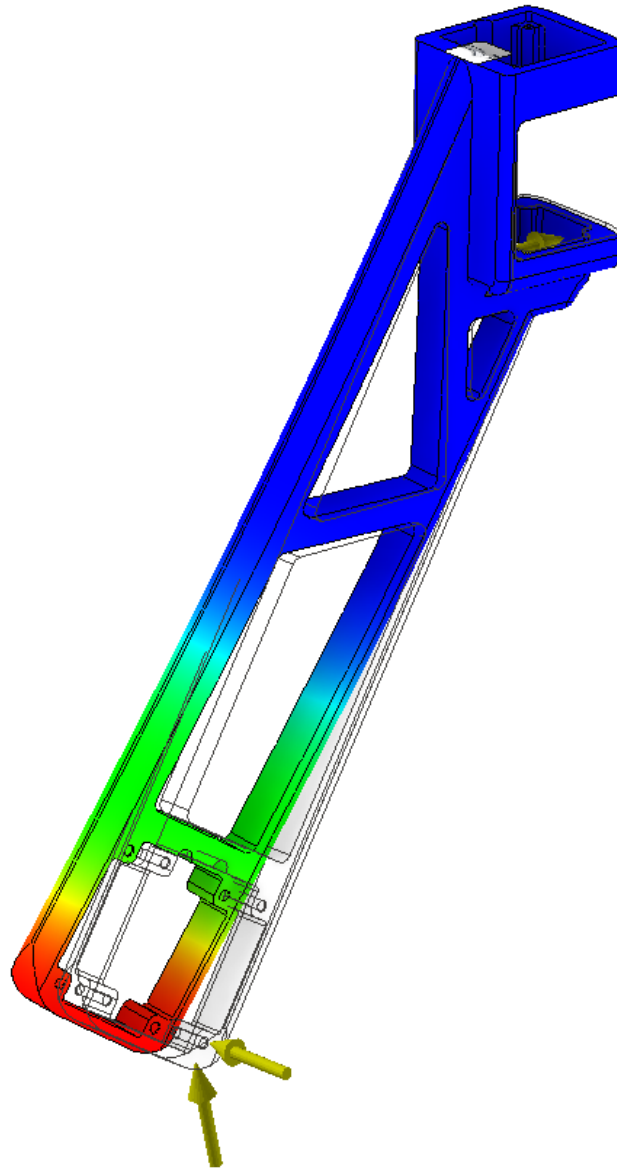
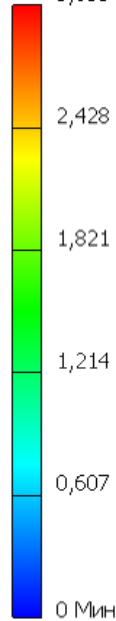


Рис.3.3.4. Аналіз зміщення верхньої частини крокуючої ланки механізму

Аналіз зміщення верхньої частини крокуючої ланки механізму показує нам на скільки деталь деформується при граничних навантаженнях(рис3.3.4). На Рис3.3.4 спостерігається зміщення нижньої частина верхньої ланки, що є найбільшим в деталі механізму. Зміщення становить близько 3 мм. Відносно менші зміщення спостерігаються на ділянці між частиною до якої кріпиться кроковий двигун та ділянкою розміщеною перед ребром жорсткості. Ці деформації становлять близько 1 мм. В умовах роботи ці зміщення не будуть впливати на кінцевий вузол

маніпулятора, оскільки ці зміщення можна знівелювати корегуванням штанг змінної довжини, до яких кріпиться маніпулятор.

Тип: Напряжение по Мизесу
Единица: МПа
21.04.2020, 19:54:39
81,27 Макс

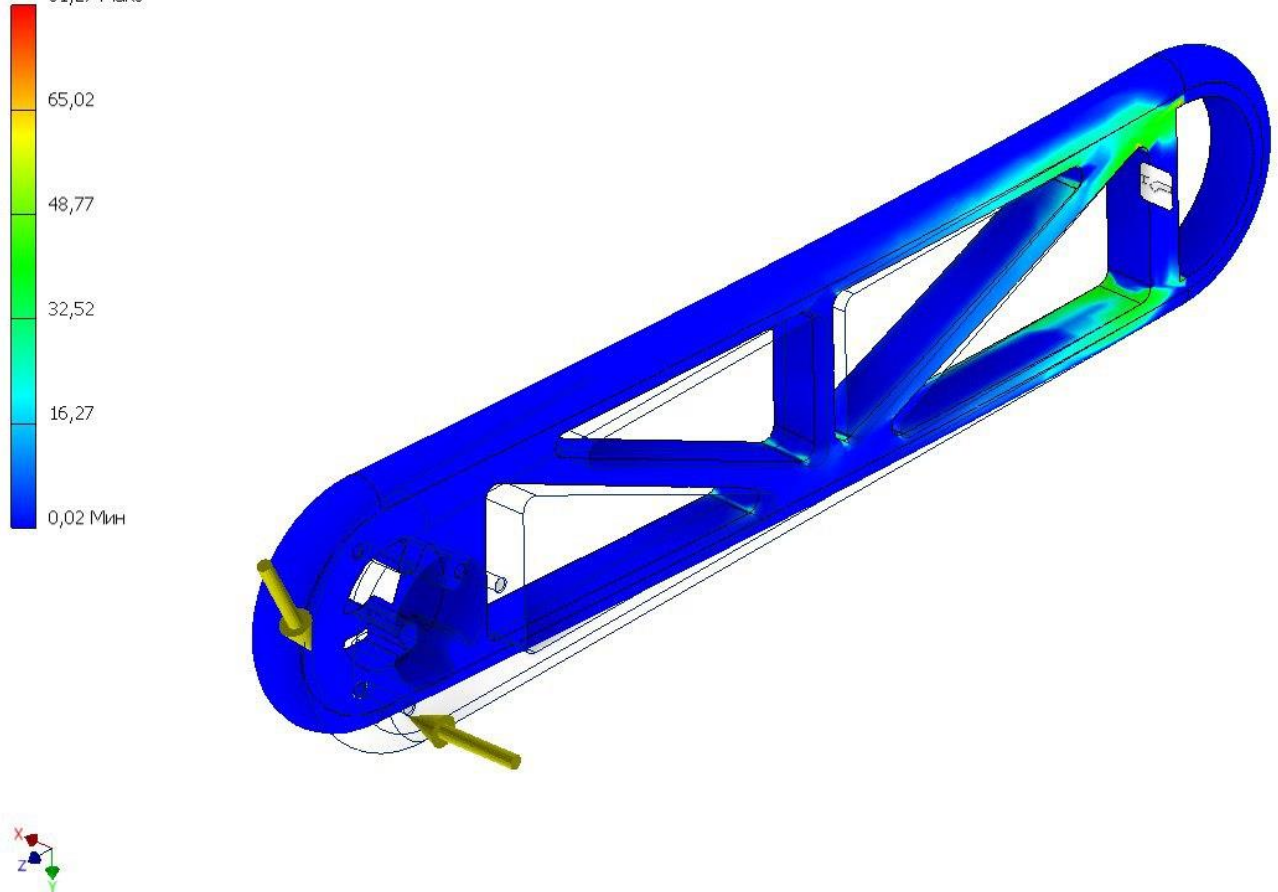


Рис.3.3.5. Аналіз навантажень на нижню частину крокуючої ланки механізму по Мізесу

Оскільки верхня ланка крокуючої ланки передає навантаження на нижню ланку крокуючої ланки механізму, слід також провести моделювання цієї ланки для перевірки її роботоздатності. До верхньої частини нижньої ланки крокуючого механізму прикладе навантаження, що є еквівалентними до навантажень що прокладені до нижньої частини верхньої крокуючої ланки. Вони становлять 50 кг. В нижній частині ланка защемлена, для імітації найбільших навантажень на неї. Розглянемо аналіз навантажень на нижню частину крокуючої ланки механізму по Мізесу(рис3.3.5). З зображення ми можемо зробити висновок, що найбільші

навантаження спостерігаються, якраз, в місці жорсткого закріплення. У цих областях навантаження сягають близько 82-65 МПа, що не є критичними для деталі. Навантаження у розмірі 65-45 МПа спостерігаються у ділянках прилеглих до ділянок з найбільшими величинами навантажень, а саме в зовнішніх частинах нижньої області ланки. Відносно малі навантаження, близько 45-16 МПа, спостерігаються на ребрі жорсткості між двома зовнішніми частинами ланки, а також в місці де сходяться три ребра жорсткості. Оскільки навантаження не є граничними для нашої деталі, то і коефіцієнт запасу міцності не буде відповідати крайньому граничному значенню.

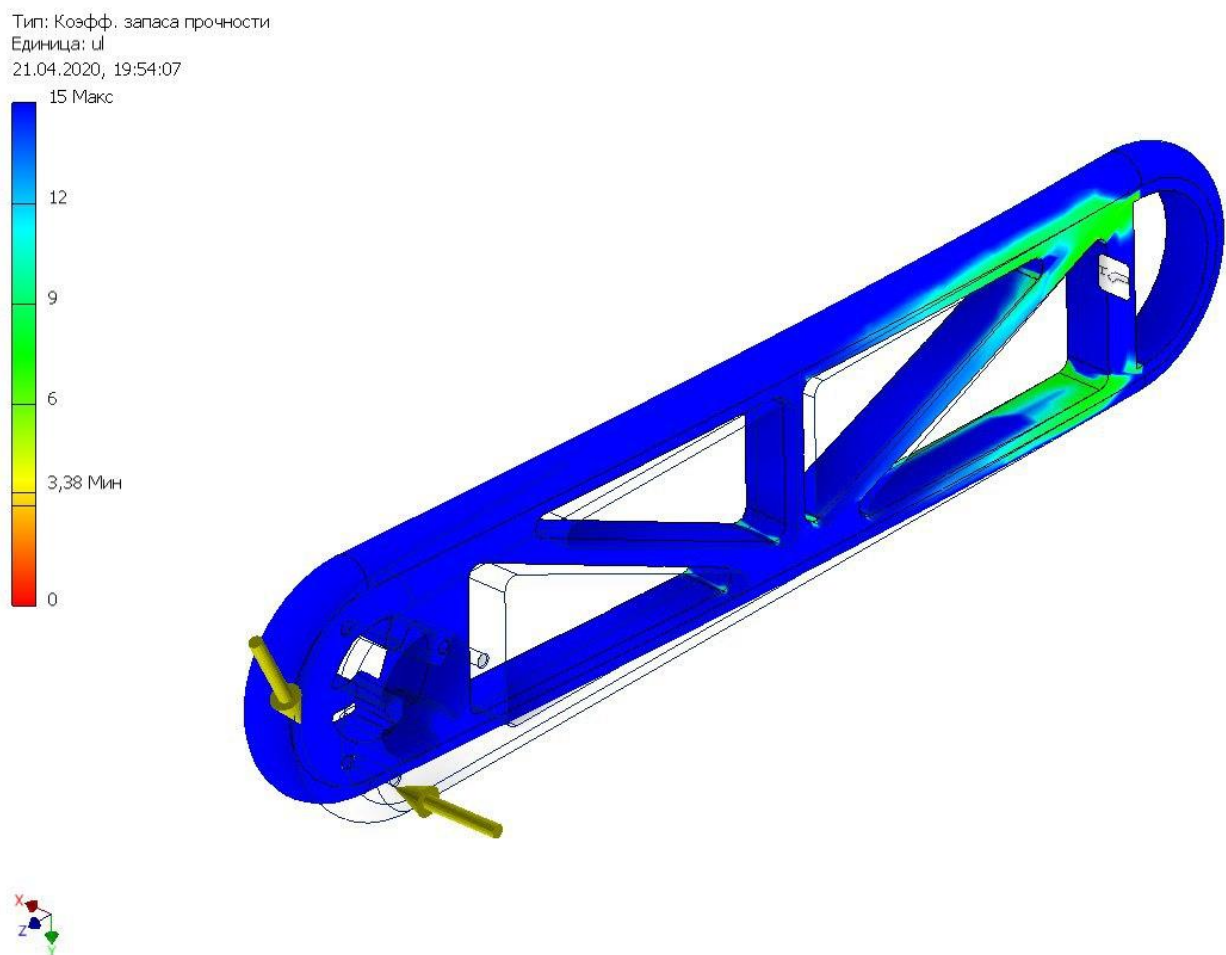


Рис.3.3.6. Аналіз коефіцієнту запасу міцності на нижню частину крокуючої ланки механізму

З Рис.3.3.6 можемо зробити висновок, що найменший запас міцності, який буде знаходитись в місці найбільших навантажень по Мізесу (82 МПа)

складає близько 3,3. Це більше ніж граничне допустиме значення, отже умова виконується. Вищі показники, близько 6, показують зовнішні частини ланки в області защемлення та ділянка з'єднання трьох ребер жорсткості. Всі інші частини деталі не показують особливих змін. Їх показник становить близько 10.

Оскільки верхня частина нижньої крокуючої ланки показує невеликі навантаження в області прикладання сил, то слід в них очікувати найбільші зміщення(рис3.3.7). Згідно аналізу зміщення нижньої частини крокуючої ланки механізму можна побачити, що найбільші навантаження спостерігаються, якраз в зоні прикладання сил. Ці зміщення становлять близько 3,6 мм.

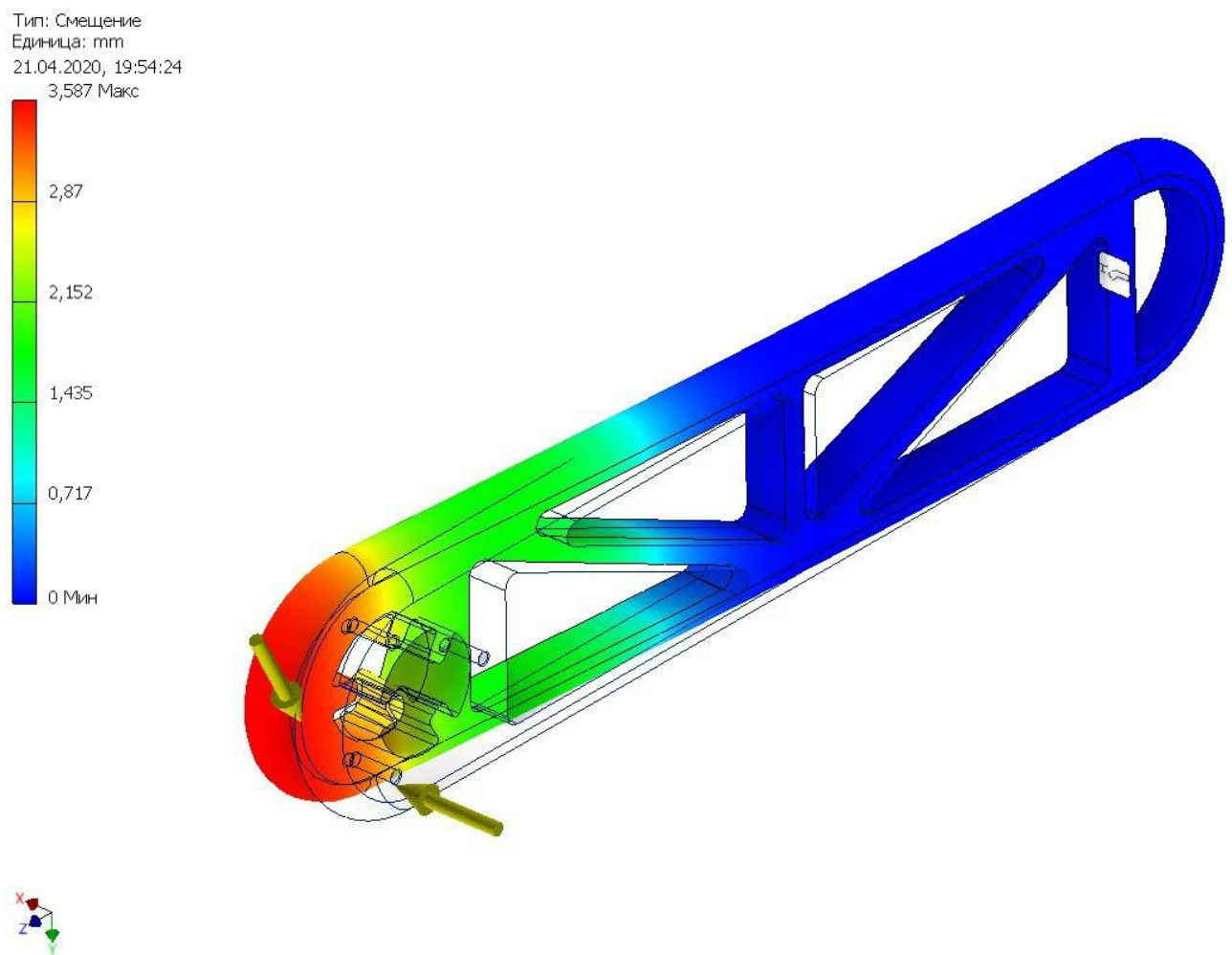


Рис.3.3.7. Аналіз зміщення нижньої частини крокуючої ланки механізму

Менші зміщення будуть спостерігатись в суміжній зоні до зони прикладання навантажень. Це не є критичні значення для наших розрахунків, оскільки ланцюг загальних відхилень буде, все ж таки більший і складатиме близько 6 мм, але ці значення можна нівелювати за допомогою вибірки похибки в верхній частині роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. А саме завдяки штангам змінної довжини ці значення не будуть заважати роботі основного вузла комплексу — маніпулятору.

Виновок: Було спроектовано низку варіантів ланок роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, що виконували умову міцності для роботи комплексу. Підібрано оптимальний варіант конструкції верхньої частини крокуючого механізму та на основі нього спроектовано нижню частину крокуючої ланки. Виконано аналіз напружено-деформованого стану остаточного варіанту ланок роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, відповідно до яких конструкція відповідає вимогам до роботи роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНЕ РІШЕННЯ ВУЗЛА КРОКУЮЧОЇ ЛАНКИ НА ОСНОВІ ВУЗЛА АНАЛОГА КРОКУЮЧОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ПАТЕНТ УКРАЇНИ №120668

При використанні дискретних електроприводів з КД, що використовуються в конструкції роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, присутня проблема дискретності рухів ланок, що призводять до ударних навантажень, які в подальшому впливають роботоздатність роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Винахід патенту України №120668 відноситься до галузевого машинобудування, що дає можливість використання його в аналогічних конструкціях мобільних крокуючих роботизованих комплексів спеціального призначення.

Один із аналогів патенту України №120668, крокуючий всюдихід, складається з двигуна, платформи, центрального вузла, який відповідає за переміщення шести крокуючих ланок. Центральний вузол складається із приводів та зв'язаними з ними опорами.

До центрального вузла вмонтовано дві зірки, що можуть обертатися, які в свою чергу зв'язані із зірками двома ланцюгами. Приводи периферійних гідротелескопічних опор представлені шістьма радіальними валами, на кінцях яких встановлено нерухомо конічні шестерні, які дозволяють обертатися центральній шестерні на валу двигуна, перетворюючи рух обертання в обернено-поступальний рух гідротелескопічних опор. Недоліком стала складність виконаної конструкції та механізмів переміщення [4].

Ще одним аналогом є відомий крокуючий рушій малогабаритного робота. Він складається з корпусу, редукторів, шестерень, кривошипів, електродвигунів, де розташовані привідні вали для руху крокуючих ланок, а

також в нього введені два електродвигуна. Один із електродвигунів, на валу якого розташований один редуктор, на виході якого вмонтована ведуча шестерня, що забезпечує передачу руху на ведучі шестерні, що мають на кінцях кривошипи, на вихідних вісях яких, встановлені крокуючі елементи стоп, що знаходяться у підшипниках, також в центрі корпусу розміщений вал вертикального повороту, який у свою чергу з'єднаний з другим електродвигуном, а до валу кріпляться із зазором дві поворотні платформи із чотирма опорними підшипниками, що встановлені в пазах [5].

Під час переміщення крокуючого рушія малогабаритного робота, крокуючі ланки піднімаються на висоту корпусу. Недоліком такого механізму стала складність конструкції робота та механізмів переміщення, що призвела до неспроможності долати високі перешкоди. Також наявність централізованих механічних приводів призводить до зниження гнучкості робота та ускладнення його керування через складність системи переміщення.

Ще один аналог патенту України №120668, крокуючий пристрій, конструкція якого представлена у вигляді корпусу із приєднаними стрижнями, керуючі приводи та механізми хитання, конструкція якого відрізняється тим, що стрижні, мають механічно зв'язані верхній та нижній важіль з опорою. Верхній важіль здійснює поворотний рух завдяки керованому привіду, при цьому, верхній важіль із корпусом з'єднує привід, а через інший керований привід другий кінець верхнього важеля зв'єднується із нижнім важелем, при цьому кінець нижнього важеля з'єднаний із опорою ноги.

Недоліком аналога є висока дискретність руху пристрою, та відсутність зручного регулювання напрямку переміщення. Жорсткість конструкції призводить до незадовільних динамічних характеристик крокуючих ланок та низької енергоефективності через відсутність рекуперації енергії, що підводиться до приводів [6].

Головною задачею створення винаходу патенту України №120668 «Крокуючий пристрій мобільного робота», стала оптимізації крокуючого пристрою мобільного робота. А саме забезпечення плавності крокового переміщення за рахунок введення нових конструкторських елементів. Такі елементи конструкції забезпечить зручне регулювання напрямку переміщення пристрою та підвищить його енергоефективність за рахунок поліпшення динамічних характеристик пристрою. Це відбувається завдяки використанню в конструкції крокуючої ланки пружно-демпфуючого елемента вузла, який забезпечує амортизацію крокуючої ланки. Використання пружно-демпфуючого елемента вузла забезпечить плавність дискретного крокового руху. Ще перераховані заходи оптимізують динамічні характеристики пристрою, а створення пружної конструкції крокуючої ланки забезпечує рекуперацію енергії під час динамічного крокового руху пристрою.

Вирішенням поставленої задачі є виконання крокуючого пристрою мобільного робота з корпусу, стрижнів механізмів хитання, що приєднані до нього та керуючих приводи. Слід зауважити, що стрижні виконані у вигляді крокуючих ланок, які представлені механічно зв'язаними верхнім важілем, нижнім важілем та опорою. На верхньому важілі встановлений керований привід, що здійснює його поворотний рух. Привід поєднує верхній важіль із корпусом, а інший кінець верхнього важеля з нижнім важелем за допомогою іншого керованого привіду, який в свою чергу здійснює поворотні рухи нижнього важеля. Інший кінець нижнього важеля поєднаний з опорою крокуючої ланки, яка містить сферичний шарнір. Цей шарнір поєднує опору з кінцем нижнього важеля, кожний з яких, торсіон (демпфер) з яким з'єднана оболонка, при цьому перша частина важеля поєднана із торсіоном, а друга — з обіймою. Також поміж оболонкою та торсіоном розміщена еластична вставка.

Весь зміст патенту графічно зображено на схемах, а саме: загальна кінематична схема та основні складові пристрою (рис. 4.1), схемне рішення торсіонного демпфера (рис. 4.2), схема переміщення крокуючих ланок (рис.4.3) та схема крокуючої ланки оптимізованого по динамічним характеристикам крокуючого пристрою.

Крокуючий пристрій оснащений корпусом 1 зі стрижнями 2 та керуючими приводами 3,5. При цьому стрижні виконані у вигляді крокуючих ланок, а саме: верхній важіль 4, нижній важіль 6 та опора 7. При цьому верхній важіль 4 виконує поворотні рух завдяки керованому приводу 3 (показано стрілкою φ_A), який в свою чергу зв'язує верхній важіль 4 за звдяки стрижня 2 з корпусом 1. Другий кінець верхнього важеля 4 з'єднаний з нижнім важелем 6 за допомогою керованого приводу 5, який також забезпечує поворотний рух нижнього важеля 6 (напрямок руху — ψ_A).

Завдяки сферичному шарніру 8, нижній важіль 6 зв'язаний з опорою 7 крокуючої ланки. Слід зауважити, що нижній важіль 6 обладнаний у своїй середній частині торсіоном 10 (демпферний елемент) (рис. 4.2), що з'єднаний з ним обоймою 9, посередині яких розташована еластична вставка 11. Обойма 9 з'єднується з важелем 6, а демпфер 11 — з верхньою частиною важеля, що приєднана до приводу 5 (рис. 4.1). В обоймі встановлено підшипник, що забезпечує надійний поперечно-кутовий рух.

Крокуючий пристрій може оснащуватися різною кількістю крокуючих елементів. У нашому випадку кількість крокуючих ланок становить шість. Така кількість обумовлена можливістю переміщення різними способами: статичним та динамічним.

При статичному способі переміщення: в початковому положенні пристрою опори А, С і Е знаходяться в повітрі над поверхнею переміщення і можуть вільно рухатися поворотом крокуючих ланок на кути φ_A , φ_C , φ_E .

Крокуючий пристрій стоїть на трьох опорами В, D і F, при цьому крокуючий пристрій здійснювати переміщення по вертикалі завдяки зміні

кутових положень нижніх важелів відповідно на кути ψ_B , ψ_D та ψ_F . Корпус 1 переміщується у статичному режимі на один крок, що відбувається за одночасним поворотом крокуючих ланок на однаковий кут $\varphi_B = \varphi_D = \varphi_F = \varphi_F$ (рис. 4.3). Переміщення корпусу показаному стрілками x_K . І в залежності від кута повороту φ_K , напрямок переміщення змінюється на значення кута 180° від напрямку x_{K0} до x_{Km} . Величина зміщення залежить від заданого напрямку x_K . Максимальне значення спостерігається в напрямку x_{Km} .

Для того, щоб провести переміщення на один крок задають кутові положення φ_E , φ_A , φ_C , інших трьох опор А, С, Е, які опускаючись вниз замінюють попередні три опори. В, D, F у свою чергу піднімаються і переміщуються на нове кутове положення φ_F , φ_B , φ_D . Щоразу здійснюючи послідовні повороти опор В, D, F, ми забезпечуємо рух.

Таким чином, задаючи початкові кутові положення опор, ми забезпечуємо статичне покрокове переміщення пристрою у будь-якому напрямку.

Крокуючий пристрій здатний рухається ще за динамічною схемою переміщення. При одночасному періодичному вивільненні всіх опор. А саме, приводами 5 (рис. 4.1) по вертикальному напрямку відбувається розгойдування корпусу 1. Таким чином, відбуваються синусоїдальні переміщення важелів 6, що з'єднуються з приводами 5, через демпфери у вигляді торсіонів. Крокуючий пристрій починає переміщуватися «стрибками» завдяки синусоїдальним змінам кутових положень, що незатухають, всіх важелів 6. При цьому, кути ψ_A , ψ_B та ψ_C , ψ_D , ψ_E , ψ_F за синусоїдальним законом змінюють свої значення. Амплітуда таких переміщень важелів задається досить великими значеннями. Сили інерції корпусу починають перевищувати гравітаційні сили, що призводить до відривання корпусу 1 від поверхні. У цей час, відбувається поворот верхніх важелів на деякий кут $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi_D = \varphi_E = \varphi_F = +\varphi_\delta$. Переміщення

корпуса 1 відносно нерухомої опорної поверхні відбувається при забезпеченні повороту верхніх важелів 2 у оберненому напрямку на кут $-\varphi_0$.

При переміщенні відбувається амортизація корпусу 1, завдяки демпферам торсіонного типу, що знаходяться у важелях пристрою крокуючого мобільного робота.

Особливість патенту України №120668 на винахід полягає в тому, що:

1. Крокуючий пристрій мобільного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, який складається з корпусу до якого приєднані механізми стрижні хитання та приводи керування, причому стрижні виконані у вигляді крокуючих ланок, які являють собою, зв'язані механічно, верхній важіль, важіль нижньої ланки і опору, при цьому верхній важіль містить у собі керований привід з поворотною функцією верхнього важеля, при цьому привід верхнього важеля зв'язується із корпусом, а другий кінець верхнього важеля зв'язаний з важелем нижньої частини через інший привід з функцією повороту важеля нижньої частини, а кінець нижнього важеля зв'язаний з опорою на нозі, **який відрізняється тим, що** опора містить сферичний шарнір, який з'єднує кінець нижнього важеля з опорою, а кожний нижній важіль містить демпфуючий елемент у вигляді торсіону та оболонкою з'єднаною з ним, між якими еластична вставка, при цьому частина одного важеля зв'язана з обоймою, а інша — з торсіоном;

2. Крокуючий пристрій мобільного робота по п.1, **що відрізняється тим, що** між керованим приводом нижнього важеля та кінцем верхнього важеля встановлено демпфуючий елемент у вигляді торсіону в оболонці, між якими встановлена еластична вставка, при цьому керований привід з'єднано з оболонкою, а кінець верхнього важеля з торсіоном.

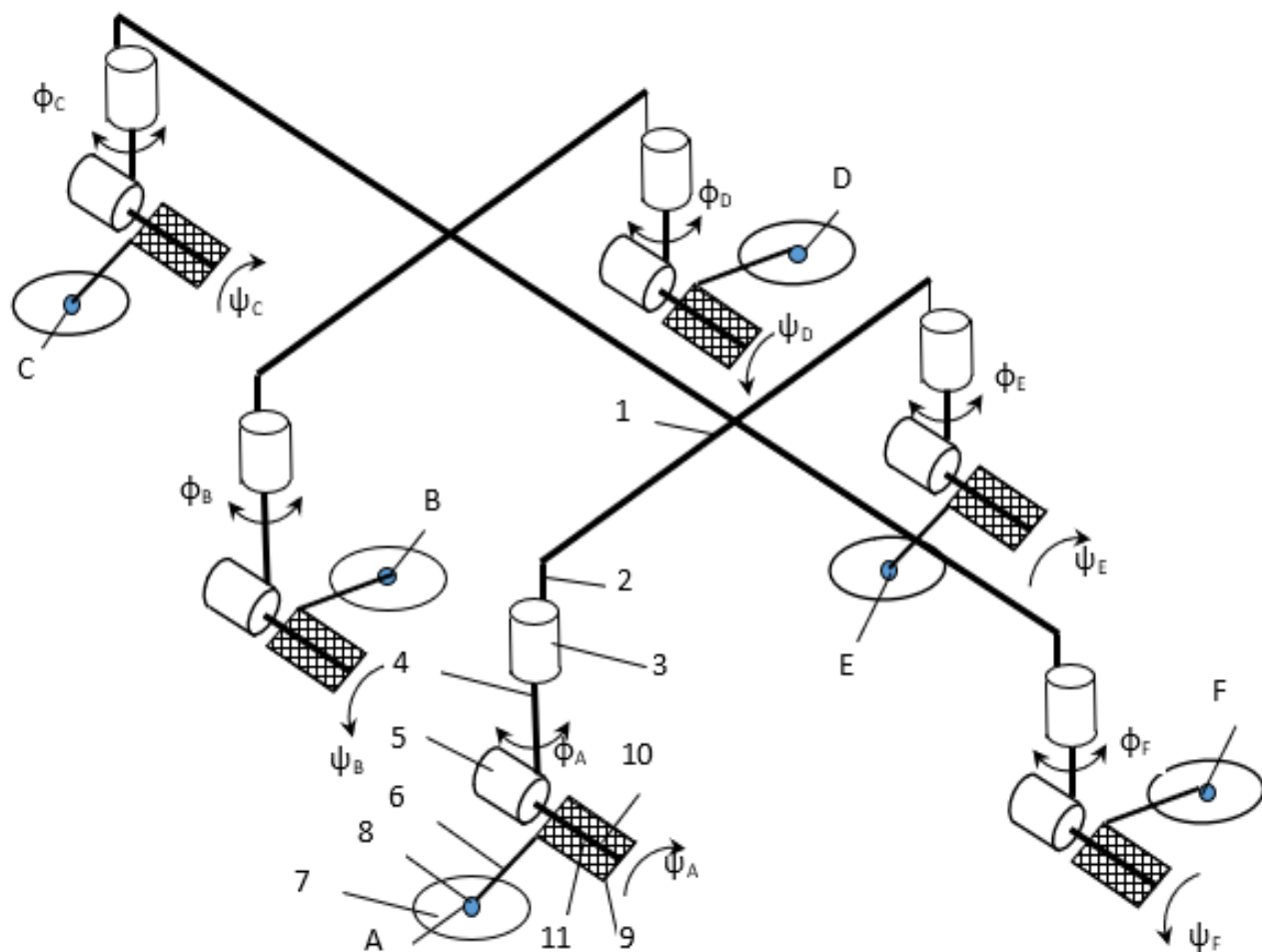


Рис.4.1. Загальна схема механізму

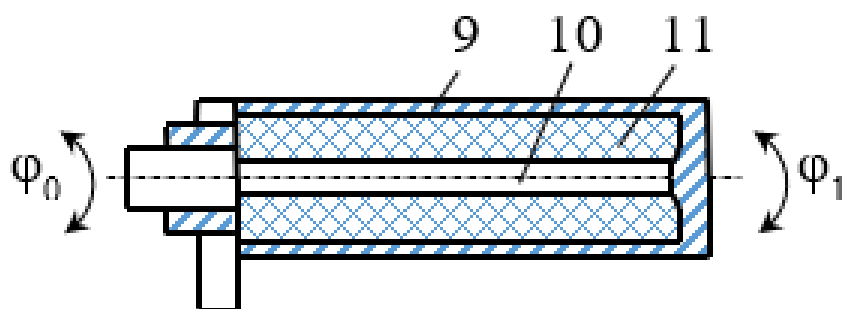


Рис.4.2. Схема торсіону.

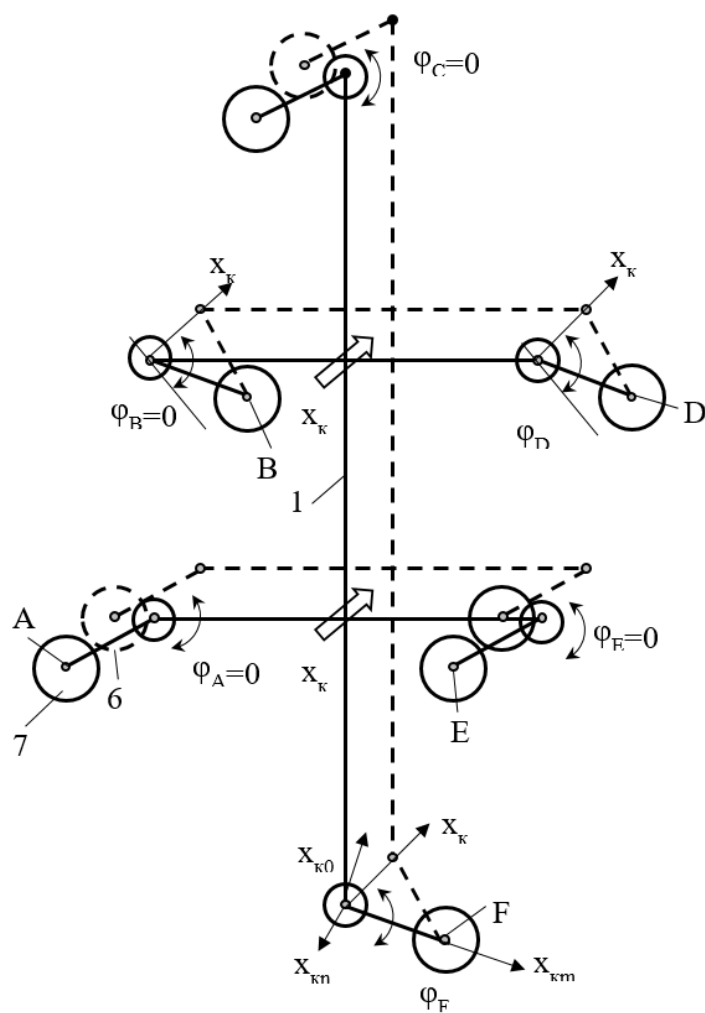


Рис. 4.3. Схема переміщення крокуючих ланок

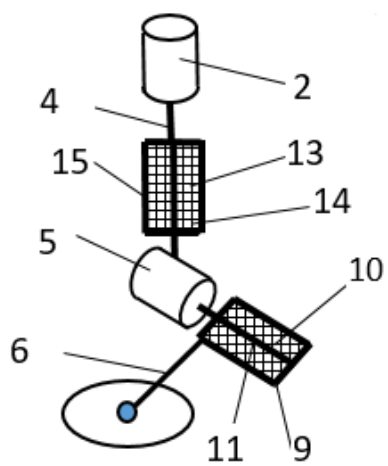


Рис. 4.4. Схема крокуючої ланки оптимізованого по динамічним характеристикам крокуючого робота

Недоліками крокуючих роботизованих комплексів є недостатня плавність руху пристрою та відсутність зручного гнучкого регулювання напрямку переміщення роботизованого комплексу. Такі незадовільні динамічні характеристики, виникли в наслідок жорсткої конструкції крокуючих ланок та їх низької енергоефективності.

Варто зазначити, що патент України №120668 на винахід «Крокуючий пристрій мобільного робота», розрахований також і для динамічної схеми руху, але, у такому випадку, самохідний роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій, необхідно обладнати двигунами більшої потужності, що призведе до збільшення ваги комплексу. Тому рішенням стало використання в конструкції самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій лише вузла демпфера, на подібні торсіону для надання плавності рухів крокуючим елементам та виключення ударних навантажень.

Висновок: крокуючі ланки самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій в конструкції вузлів оснащені демферним вузлом крокуючого пристрою мобільного робота (патент України на винахід №120668), що створює ефект оптимізації динамічних характеристик дискретного переміщення, виключає ударні навантаження, що призводить до плавного руху крокуючих ланок самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

РОЗДІЛ 5

КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ КРІПЛЕННЯ КРОКУЮЧИХ ЛАНОК ДО РАМИ РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

5.1 Опис геометричних характеристик елементів та спосіб кріплення крокуючих ланок до рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

При процесі проектування конструкцій із композиційних матеріалів, для інженера різко підвищується рівень складності поставленої задачі. Складність задачі при її розрахунках обумовлюється наявністю великої кількості факторів, що впливають на результат. Для композиційних матеріалів це підбір способу переплету волокон, кількість шарів композиційного матеріалу, напрямки волокон в слоях. При цьому забезпечити високу міцність, жорсткість при мінімальній вазі. Важливим є і підбір методу виготовлення майбутнього конструкційного елемента. Також варто пам'ятати про особливості переходу від композиційного елемента до металевих в місцях їх кріплення.

1. Композиційні матеріали є вразливими до концентраторів напружень

Для забезпечення рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій високою міцністю та жорсткістю, вона виконана у формі зовнішньої поверхні тора. Вага композиційної рами зменшилася в порівнянні із попередньою металевою версією на 13 кг. Для розміщення та закріплення механізму переміщення схвата в рамі виконано 3 отвори. Композиційна рама виконана із напівфабрикату (препрег) Style 7781 E-Glass. При роботі із композиційною рамою важливо забезпечити рівномірну передачі присутніх в механізмі навантажень від різних елементів.

Оскільки мобільний роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій оснащений механізмом переміщення під назвою

гексапод. Гексапод представлений набором шести крокуючих ланок. Кожна ланка кріпиться до рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій через перехідний фланець.

Робота з композиційними матеріалами несе за собою велику кількість факторів, які необхано враховувати під час проведення розрахунків по кріпленню. Такі фактори як наявність витків чи різьби на елементі кріплення, спосіб виконання отвору під кріплення, стискаюча сила елемента кріплення, ширина пакета і багато іншого впливають на характер сприйняття зусилля композиційним матеріалом. Досить часто під час нехтування таких факторів, в слоїстих композиційних матеріалах це призводить до руйнування окремих слоїв композиційного матеріалу. Після їх руйнування, подальше прикладене навантаження так як раніше вже не буде рівномірно розподілюватися по всім слоям. Це призведе до руйнування наступних випадкових слоїв. Таким чином руйнування цілісного композиційного матеріалу приходить набагато раніше, ніж можна було очікувати.

Тому перед нами поставлена важливе завдання. А саме, спроектувати перехідний елемент, який виконуватиме дві головні функції: монтування механізму повороту крокуючої ланки, та рівномірна передача навантаження від цього механізму до рами.

Із фізичних законів ми знаємо, що чим менша площа сприймання навантаження, тим більший тиск на об'єкт. Тому нам необхідно діяти навпаки, а саме забезпечити більшу площу контакту між рамою та перехідним елементом. Для збільшення площі контакту, варто щоб перехідний елемент контактував і із зовнішньої сторони рами, і з внутрішньої. Назвемо даний елемент «накладка».

Накладки виконаємо також із композитного матеріалу, аналогічно рамі роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Використання композиційного матеріалу для виготовлення накладок

обумовлене необхідністю забезпечити високу міцність та жорсткість мінімально збільшуючи вагу(рис5.1.1).



Рис.5.1.1. Зображення зовнішньої та внутрішньої накладки

Композиційні накладки розміщуються попарно із зовнішньої (1) та внутрішньої (2) сторін рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій(рис5.1.2).

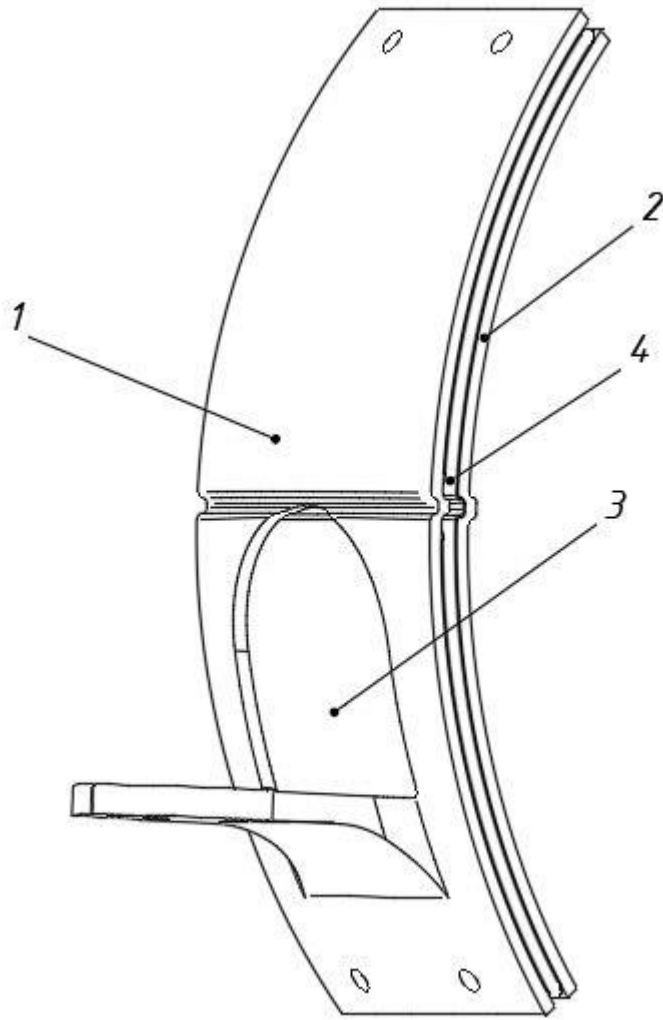


Рис.5.1.2. Схематичне розташування композиційних та металічних накладок

На кожну крокуючу ланку відводиться одна пара накладок: зовнішня та внутрішня. У конструкції механізму гексапода всього шість крокуючих ланок. Пари накладок розміщуються по геометрії рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, які знаходяться рівномірно одна від одної на однаковій відстані (рис5.1.3 та рис5.1.4).



Рис.5.1.3. Рівновіддалені пари накладок без відображення рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, на якій вони кріпляться

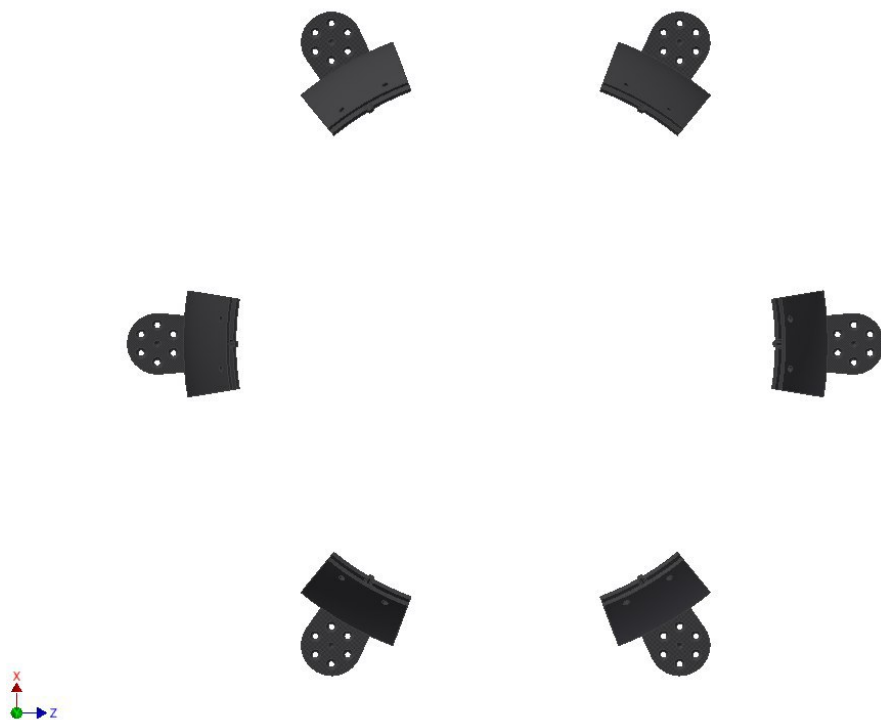


Рис.5.1.4. Пари накладок без відображення рами роботомеханічного комплексу спеціального призначення, на якій вони кріпляться, вид зверху

Якщо композиційна накладка буде поверхнево контактувати із рамою роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, то під час експлуатації, навантаження від крокуючих ланок буде передаватися на композиційний матеріал рами нерівномірно.

Сумарне навантаження від крокуючих ланок буде сприйматися лише тими слоями композиційного матеріалу, які знаходяться на поверхні. Нерівномірне розподілення прикладених навантажень може призвести до завчасного руйнування композиційного матеріалу. У першу чергу, відбувається руйнування волокон, які сприймають навантаження. Опісля, навантаження почне сприйматися волокнами на внутрішніх слоях композиційної рами, що призведе до руйнування внутрішніх слоїв композиційного матеріалу рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Для того, щоб запобігти можливому перебігу таких подій в нашому механізмі, використаємо додатковий перехідний елемент. А саме, спеціальні листові металічні накладки з виступами по обидві сторони, фрикційні перехідні пластини (рис5.1.5).

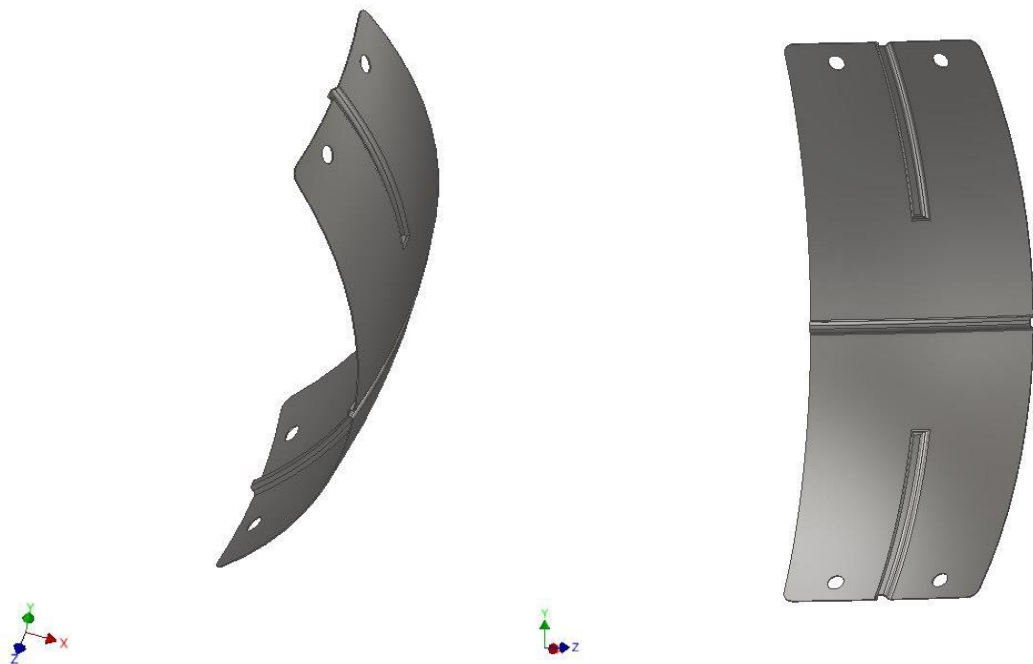


Рис.5.1.5. Фрикційна зовнішня перехідна пластина для накладок

Накладки виконані із тонкого листового матеріалу вуглецевої сталі товщиною 0.5 мм. В пластині виконано ряд вирізів форми прямокутного трикутника. Трикутники чергуються між собою в ряді: непарні вигнуті по одній стороні пластини, парні по іншій (рис5.1.6). Розміри пазів становлять висота 6 та ширина 4.

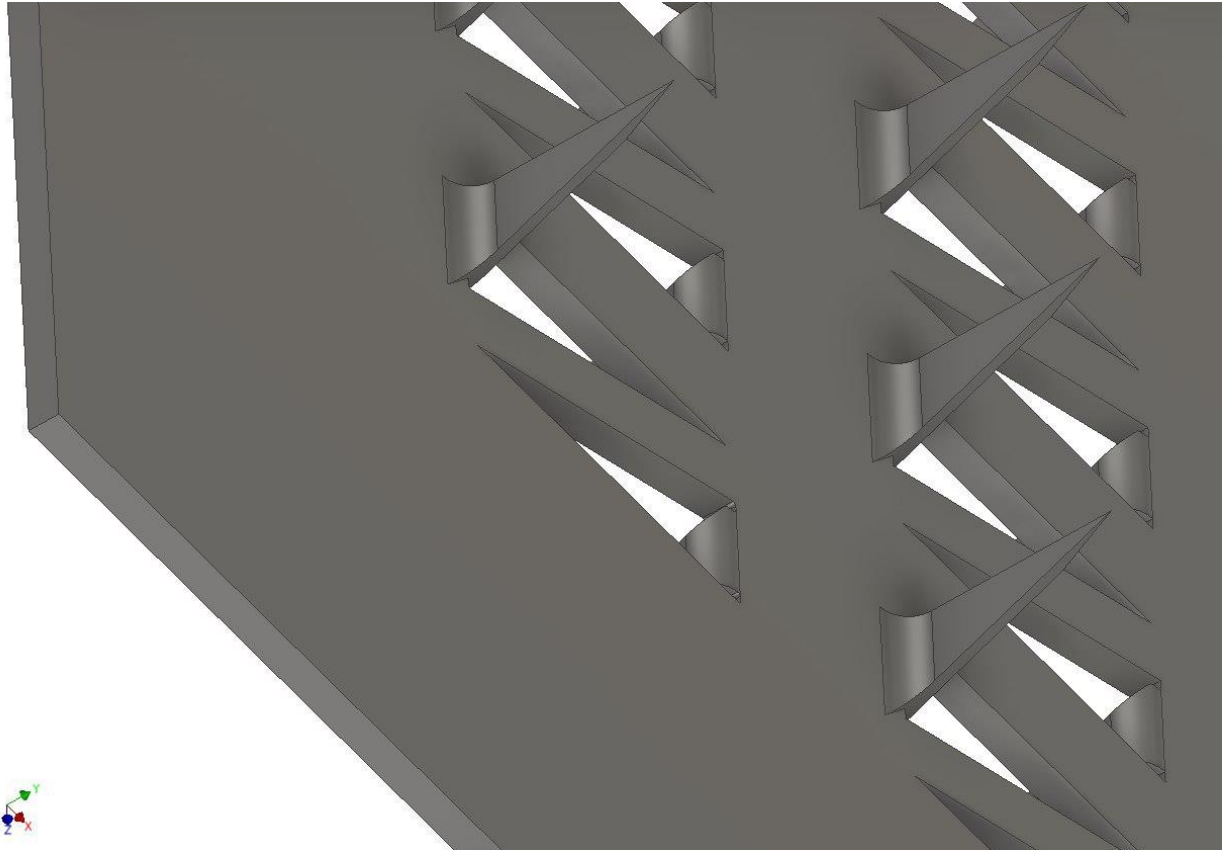


Рис.5.1.6. Зображення трикутних вирізів на фрикційні перехідній пластині

Використання таких пластин призведе до рівномірного перерозподілу навантажень по всій площині контакту та по товщині рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Накладка виконана на спеціальній оснастці, що забезпечує геометрію поверхні її внутрішньої сторони, що має співпадати з геометрією поверхні зовнішньої сторони рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Накладка має характерний виступ з площадкою для кріплення фланцю, що знаходиться на верхньому двигуні (рис5.1.7).



Рис.5.1.7. Зовнішня композиційна пластина пластина для кріплення серводвигуна

Зовнішня композиційна пластина також як і рама, виконується із напівфабрикату (препрега) Style 7781 E-Glass.

Особливістю виготовлення є процес нарощування шарів композиційного матеріалу в місці виступу. Ще на етапі викладання на оснастку ми додаємо до структури $[0/90/\pm 45/\pm 45/90/0]$ по обидві сторони слої препрега. Слої необхідно додавати зберігаючи дзеркальність напрямків волокон композиційного матеріалу. Тому нова структура матиме вигляд $[0/90/\pm 45/0/90/\pm 45/\pm 45/90/0/\pm 45/90/0]$.

У площині виступу виконано 6 отворів під 60° по радіусу 40 мм. Діаметр отворів становить 14 мм під різьба M12. Отвори виконані під кріплення накладки до фланців болтами M12, довжиною 35 мм.

Внутрішні накладки виконаємо також із композиційного матеріалу, аналогічно зовнішній композиційній накладці та рамі роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Використання

композиційного матеріалу для виготовлення накладок обумовлене необхідністю забезпечити високу міцність та жорсткість мінімально збільшуючи вагу (рис5.1.8).



Рис.5.1.8. Зображення внутрішньої композиційної ланки

Якщо композиційна накладка буде лише поверхнево контактувати із рамою роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, то під час експлуатації, навантаження від крокуючих ланок буде передаватися на композиційний матеріал рами нерівномірно.

Внутрішні композиційні накладки сприймають невеликі навантаження, тому їх аналіз не є актуальним для розрахунку.

Для того, щоб запобігти нерівномірному розподілу навантаження від ваги крокуючої ланки на композиційний матеріал рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій використовуємо фрикційні перехідні пластини (рис5.1.9).

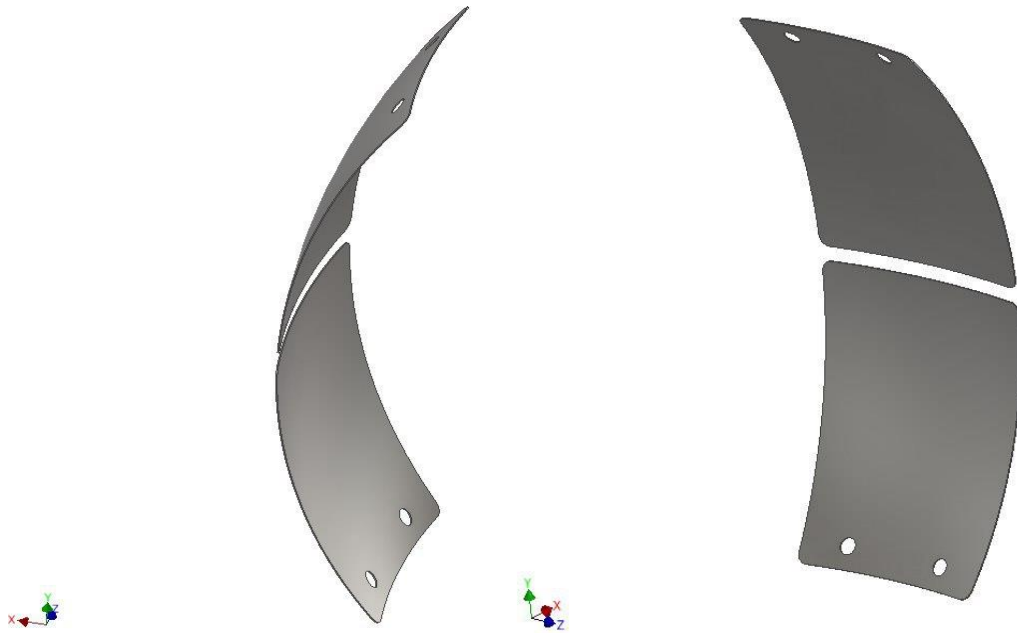


Рис.5.1.9. Зображення внутрішньої фрикційної накладки

Характеристики внутрішньої композиційної накладки можна розглянути на рисунку. Вага однієї внутрішньої композиційної накладки становить майже 2 кг(рис5.1.10).

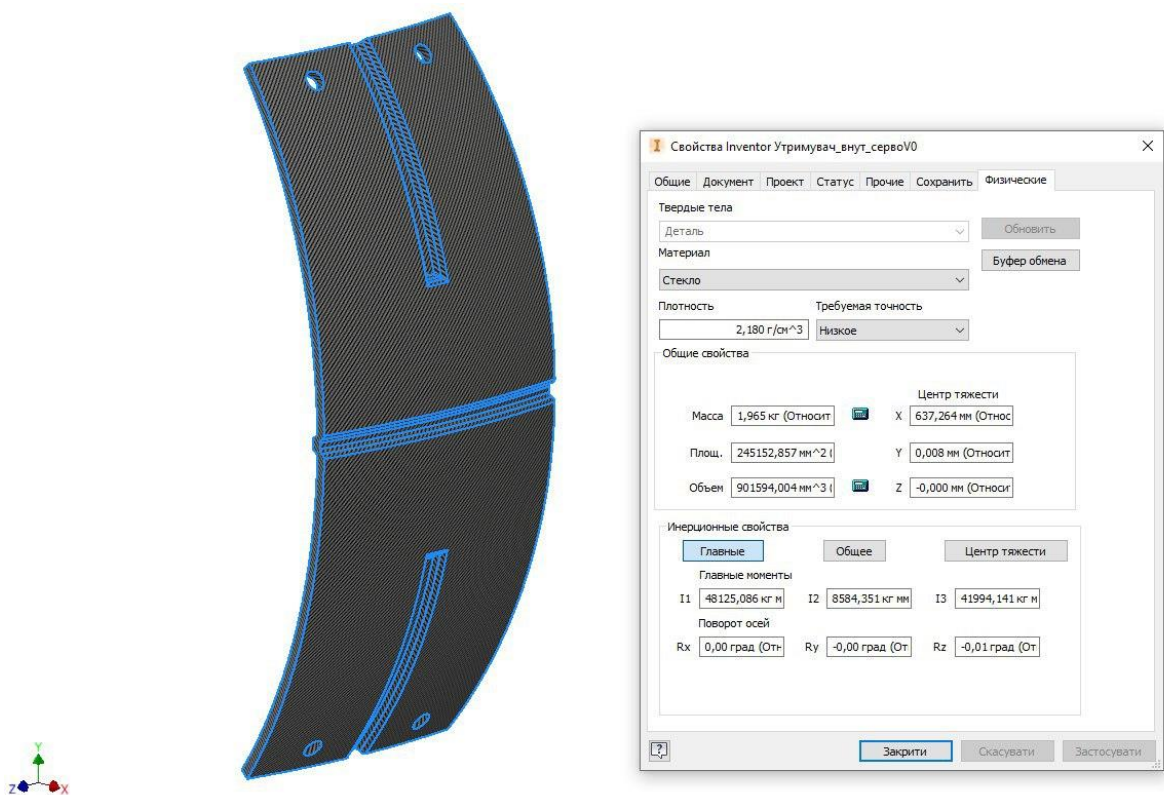


Рис.5.1.10. Властивості зовнішньої композиційної накладки для рами

Накладки виготовлені так, щоб їх можна було скріпити між собою у верхній та нижній частині. Тому за висотою вони є більшими за висоту рами. Це зроблено для того, щоб обійтися без механічної обробки композиційної рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Зовнішні та внутрішні накладки кріпляться між собою у верхній та нижній частині за допомогою болтових з'єднань. У верхній та нижній частині, де розміщене кріплення накладок, розміщується резинова вставка, для того, щоб позбутися перекосів та надмірного стягування композитних деталей, що може спричинити поверхневе руйнування композиційного матеріалу. Вставка виконана із двома пазами, для зручного її монтажу між композиційними накладками (рис5.1.11).



Рис.5.1.11. Ризинова вставка для болтових з'єднань композиційних накладок

Болтові з'єднання в композиційних збірках відрізняються від болтових з'єднань в металевих збірках.

Особливою вимогою для будь-яких кріплень в композиційних матеріалах є забезпечення великої площі сприйняття навантаження від самого кріплення. Тому варто використати шайби зі збільшеним діаметром. Такі шайби монтуються між головкою болта та композитним матеріалом і між композитним матеріалом та гайкою. Іноді збільшену шайбу та гайку замінюють однією універсальною гайкою, яка має збільшену площу контакту (рис5.1.12).

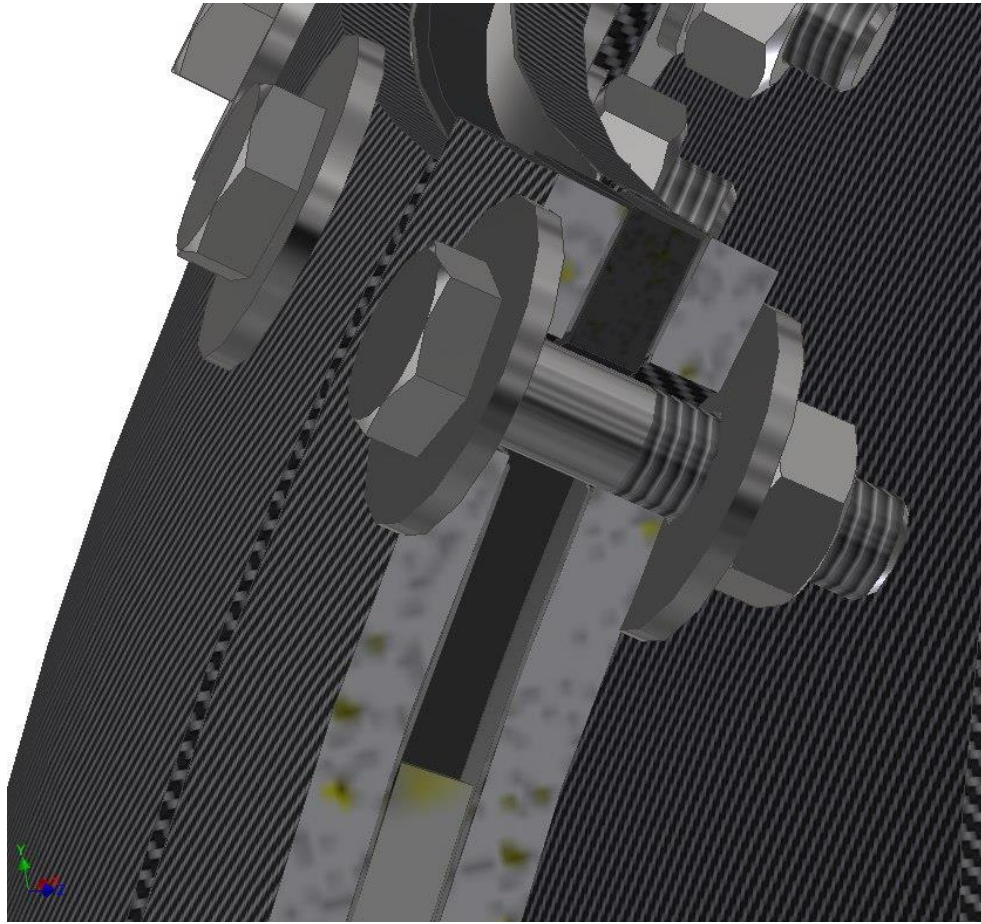


Рис.5.1.12. Болтове з'єднання з резиною вставкою у верхній частині накладок

5.2 Розрахунок напружено-деформованого стану композиційної накладки для кріплення крокуючої ланки до рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

Властивості зовнішньої композиційної накладки роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій представлені на Рис5.2.1. Вага рами становить 2.4 кг.

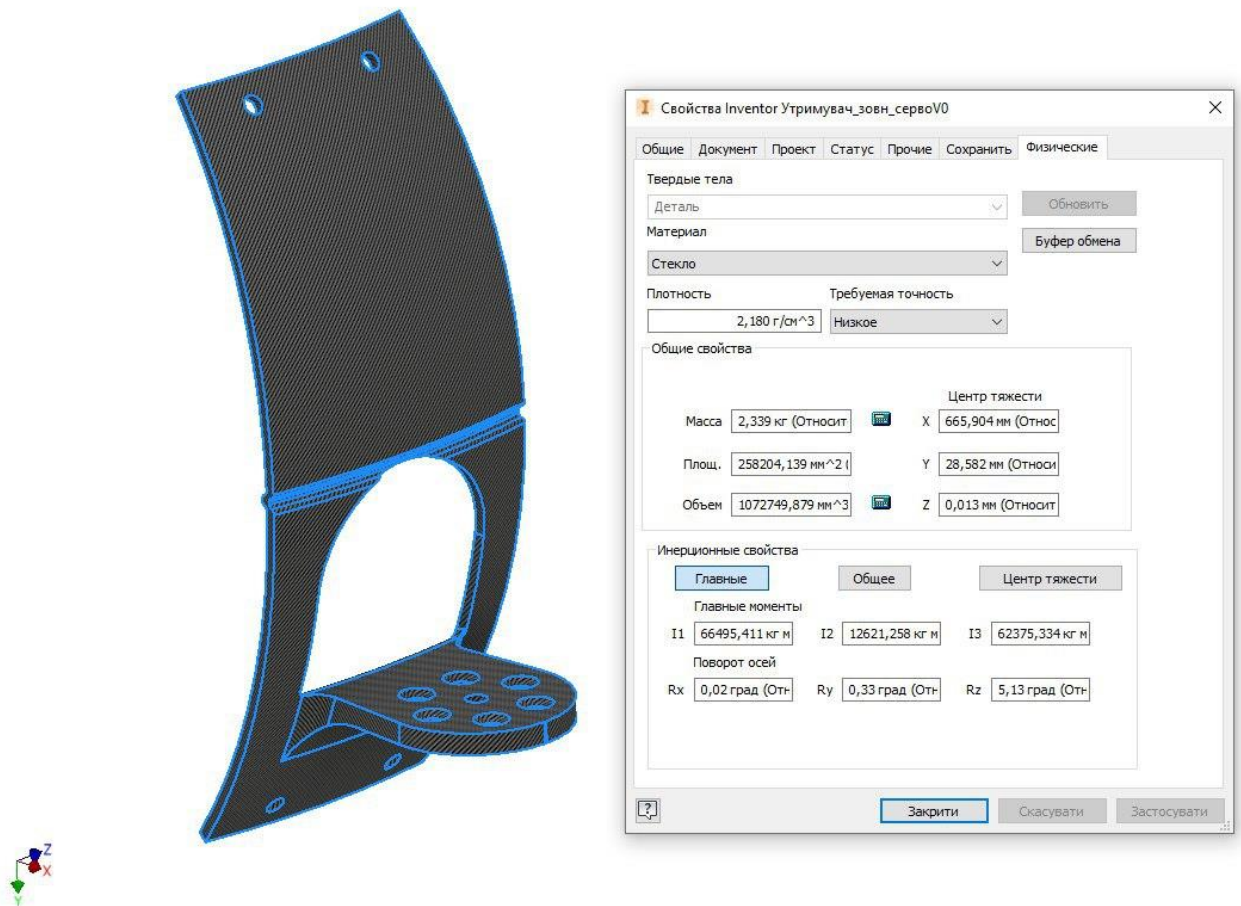


Рис.5.2.1. Властивості зовнішньої композиційної накладки для рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Проведемо аналіз зовнішньої композиційної накладки. На накладку в місці кріплення фланця із сервопривода діють навантаження від ваги крокуючої ланки, а саме: важіль нижньої частини крокуючої ланки, важіль верхньої частини крокуючої ланки, два сервоприводи та фланець, що змонтовано до верхнього сервопривода. Загальне навантаження від крокуючої ланки становить 70 кг (рис5.2.2).

Тип: Напряжение по Мизесу
Единица: МПа
23.04.2020, 1:20:07
19,51 Макс

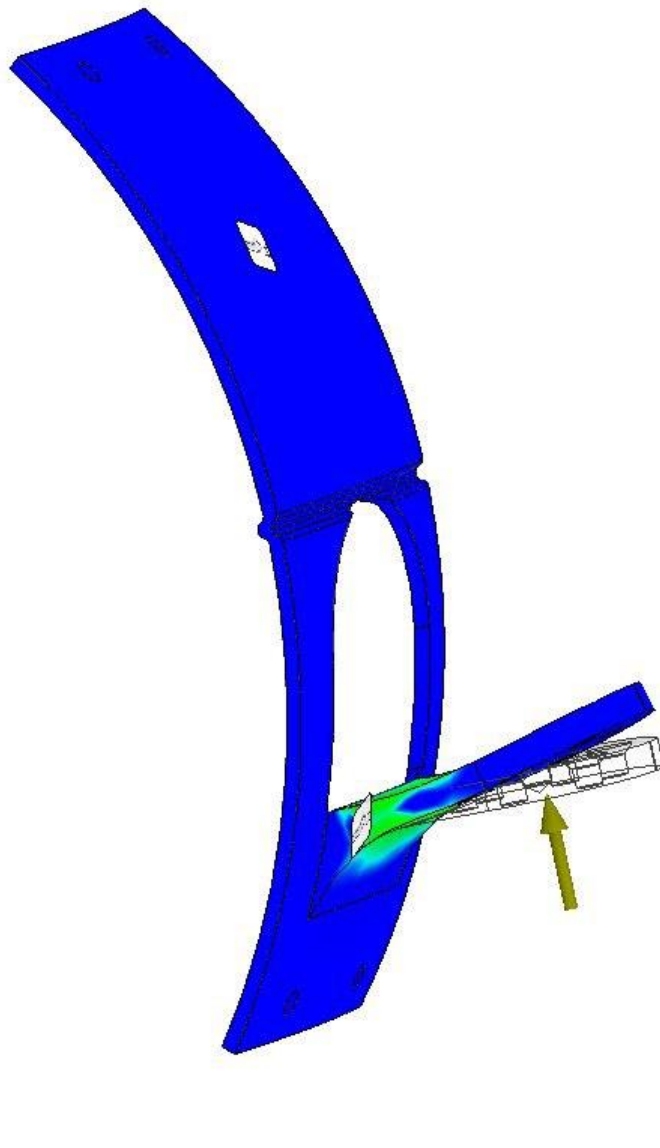


Рис.5.2.2. Аналіз навантаження на зовнішню накладку від ваги крокуючої ланки

Найбільші навантаження спостерігаються в перехідній зоні. Максимальне навантаження по Мізесу становить 11.7 МПа.

Коефіцієнт запасу міцності зовнішньої пластини становить 1.69 (рис5.2.3). Тобто конструкція та підібрана кількість слоїв композиційного матеріалу зовнішньої композиційної пластини рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій цілком задовільняють поставлені нами вимоги.

Тип: Коэфф. запаса прочности

Единица: ul

23.04.2020, 1:18:12

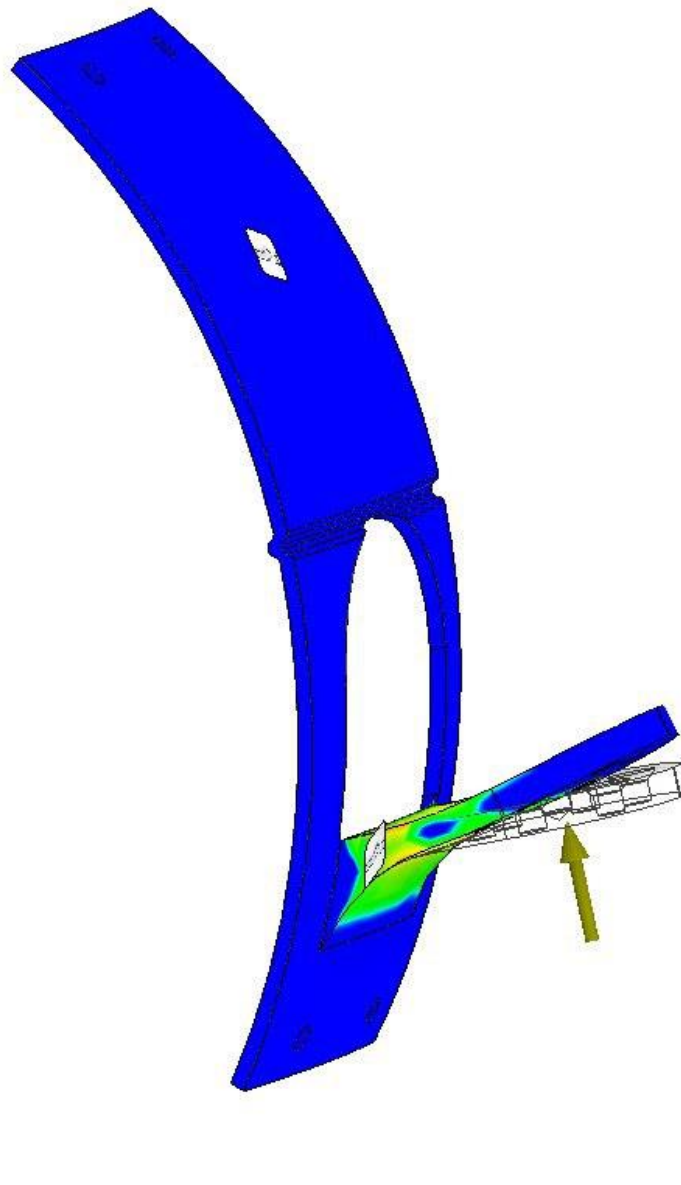
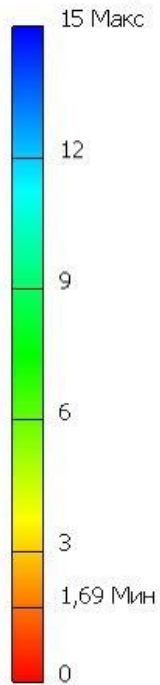


Рис.5.2.3. Аналіз ланки на коефіцієнт міцності зовнішньої композиційної накладки

Аналіз на зміщення зовнішньої композиційної ланки відображає найслабші місця конструкції під впливом прикладеного навантаження від ваги крокуючої ланки гексапода. Найбільше зміщення відбувається в крайній частині виступу ланки величиною 0.187 мм (рис5.2.4). Величина зміщення є допустимою для роботоздатності роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Тип: Смещение
Единица: mm
23.04.2020, 1:19:52
0,187 Макс

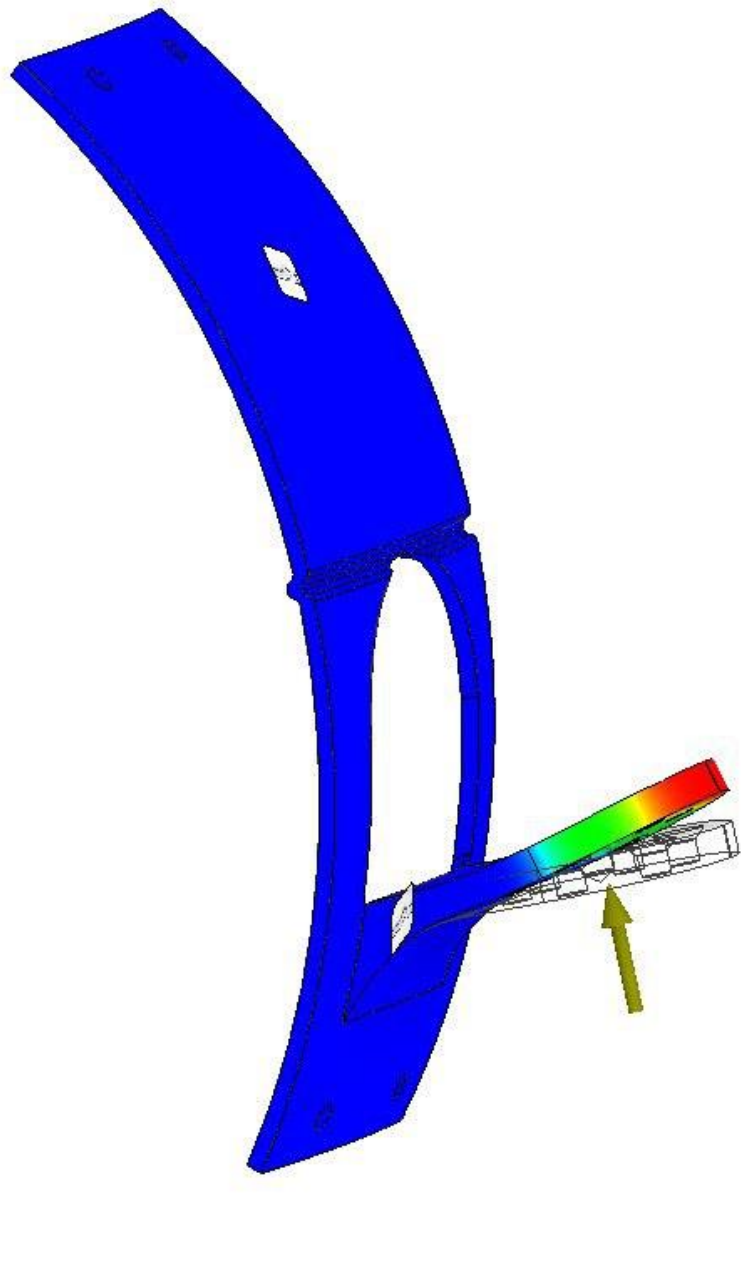


Рис.5.2.4. Аналіз зміщення зовнішньої композиційної ланки

Висновок: Виконано аналіз напружено-деформованого стану композиційної накладки, що кріпиться ро рами мобільного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій та утримує вагу всієї рами при русі роботизованого комплексу. Відповідно до висновків, накладка витримує критичні навантаження, що будуть діяти на неї та коефіцієнт міцності такої накладки складає 1.6.

РОЗДІЛ 6

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ НАКЛАДОК РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Композиційні накладки рами мобільного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій сприймають навантаження від крокуючих ланок та ваги верхньої частини мобільного роботизованого комплексу.

Проведено аналіз підбору структури композиційного матеріалу, що буде використаний під час виготовлення рами.

Структура композиційного матеріалу для виготовлення накладок має вигляд слоїстого матеріалу з напрямками волокон: $[0/90/+45/-45/0/90/+45/-45/-45/+45/90/0/-45/+45/90/0]$. Матеріалом для виготовлення став препрег Style 7781 E-Glass. Причиною використання напівфабрикату при виготовленні рами, стала відсутність необхідності в забезпеченні спеціального обладнання в лабораторії та зручність його використання.

Складність виготовлення накладок рами полягає у нестандартній тороподібній формі рами контур якої мають описувати накладки. Також важливим є момент створення площадки виступу для подальшого кріплення крокуючих ланок.

Виготовлення композиційних накладок рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій відбудеться за методом формовання у вакуумі та подальшим спіканням в автоклаві.

Метод вакуумної формовки є одним із найпопулярніших серед методів виготовлення різноманітних виробів. При серійному виробництві, даний метод досить часто використовується для виготовлення пластикових виробів. Процес вакуумної формовки є досить відповідальним та потребує зосередженості під час роботи. Також, варто зазначити, що під час вакуумної формовки можна отримати безшовні вироби.

Для проведення вакуумної формовки композиційних накладок рами необхідно виготовити оснастку для викладення композиційного матеріалу. Ми використаємо напівфабрикат препрег, для того, щоб після термічної обробки в автоклаві він набув тороподібної твердої форми поверхні. Виберемо найдоцільніший метод виготовлення композиційних накладок на раму з розрахунком на те, що у нашому випадку, це одиничне виробництво.

Для виготовлення оснастки варіантом вибору матеріалу для оснастки стала кераміка. Кераміка витримує високі температурні режими спікання, також піддається формовці. Основним недоліком для нас є те, що процес затвердіння кераміки має проходити під впливом високої температури, а це в свою чергу може спричинити плавлення друкованої по технології 3D.

Наступним запропонованим матеріалом для виготовлення оснастки для накладки став гіпс. Гіпс є досить поширеним матеріалом особливо в медичній галузі, та в галузі будівництва.

Головною перевагою використання гіпсу для створення форми оснастки є те, що він затвердіває при кімнатній температурі.

Оснасткою для викладення препрега стане гіпсова форма, поверхня якої копіює поверхню самої накладки. Для надання форми гіпсовій оснастці, видрукуємо на 3D принтері копію моделі накладки для подальшої роботи (Рис). Поверхню, на яку будемо проводити викладку гіпса, варто покрити кремнеорганічним антиадгезійним покриттям для того, щоб запобігти злипанню друкованої моделі накладки із гіпсовою оснасткою.

Викладаємо пошарово гіпс на друковану модель, щоб отримати необхідний нам контур та чекаємо поки він затвердіє.

Після затвердіння проводимо етап викладки препрега на оснастку. На поверхню, що опрацьована кремнеорганічним антиадгезійним покриттям викладаємо препрег Style 7781 (E-glass). Оскільки структура придбаного рулону $[0/90/+45/-45]$, то використаємо 4 слоя препрега. Спочатку звільнемо препрег від захисних плівок та складемо їх попарно структурами $[0/90/+45/-$

45/0/90/+45/-45] та [-45/+45/90/0/-45/+45/90/0] та вирізаємо отвір та обрізаємо ступеньку, яка використовуватиметься для подальшого кріплення. Викладаємо препрег на оснастку та з'єднуємо дві новоутворені структури по периметру навколо кола крім сходинки.

Всі кріплення в композиційних матеріалів проводяться за використанням втулок. Це обумовлене тим, що навантаження має бути рівномірно розподілене по всіх шарах композиційного матеріалу. Якщо не використовувати втулки, то навантаження від кріплення будуть сприйматися лише поверхневими шарами. Така схема розподілення навантаження призводить до руйнування лише верхніх слоїв композиційного матеріалу, тому у місці кріплення варто використовувати втулки. У конструкції накладок рами роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій присутні декілька отворів, тому ще на етапі викладки необхідно виконати отвори в препрезі та вмонтувати в отвори втулки, які будуть проходити стадію спікання препрега в автоклаві разом з ним. Втулки виконуються із пазом по довжині циліндричної поверхні. Функція пазу полягає в тому, що після підвищення температури в автоклаві, метал втулки нагрівається та розширюється.

Сходинка сприймає досить інтенсивне навантаження в порівнянні із тороподібною частиною накладки, тому вирішено її зміцнити потопщенням шарів. Для цього вирізаємо із препрегу дві ладки, по формі ступеньки та складаємо їх дзеркально формуючи вставочку. Таку вставочку поміщаємо між шарами препрега на оснастці у місці ступеньки так, щоб новоутворені структури [0/90/+45/-45/0/90/+45/-45] та [-45/+45/90/0/-45/+45/90/0] огинали її по обидві сторони. Далі поміщаємо оснастку із викладеним препрегом в спеціальні формувальні вакуумні мішки та проводимо процес вакуумізації, для забезпечення кращого контакту слоїв та надання форми заготовці.

Наступним етапом є процес термообробки в автоклаві. Композиційні матеріали при їх обробці в автоклаві мають ряд специфічних вимог до процесу термообробки. Використаємо автоклав «FORMULA-1-O» (рис6.1).

Характеристики автоклава:

- Довжина від 2 000 до 20 000 мм;
- Діаметр від 1 200 до 5 000 мм;
- Тиск 10 бар;
- Температура до 250°C;
- Оснащення системою вакуумних мішків



Рис.6.1. зображення автоклава «FORMULA-1-O»

Термообробка проходить в три стадії: ріст температури, підтримка температури та спад температури. Також кожен етап ще поділяється на етапи.

Стадія росту температури відбувається за 2 етапи: повільний та швидкий. Ріст температури починається від показника кімнатної температури та повільно зростає до 180°C. У нашому випадку це займе близько 90 хвилин. Зазвичай у цей час працює лише частина тенів автоклава. Потім настає другий етап, вмикаються всі тені і температура

різко росте догори. Як тільки вона сягає позначки 200-210°C, ріст температури зупиняється і настає друга стадія, коли температура підтримується, у нашому випадку близько 30 хвилин. Третя стадія зниження температурного показника відбувається за три етапи. Перший етап проходить за зниженням температурної позначки до 120°C. Другим етапом характеризується процес витримки вже спеченого композиційного матеріалу при температурі 120°C близько 3 годин. За цей період виріб рівномірно остине. Третім етапом є доведення температурного показника автоклава до кімнатної температури, щоб робочі могли надалі працювати із виробом.

Зазвичай після температурної обробки, виріб поміщають в кімнату зі стабільними умовами та низьким рівнем вологості, адже композиційні матеріали за своєю природою ж досить гідрофобні. Там композиційні вироби протягом декількох днів чи тижнів звільняються від внутрішніх напруження, які появилися після термообробки в автоклаві.

Фінальним етапом є механічна обробка композитів. Слід зауважити, що при обробці виробів з композиційних матеріалів різальними інструментами, варто обробку проводити пошарово.

Висновок: Як результат, було спроектовано оснастку для виготовлення накладок що кріпляться на композиційну раму роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, що дасть змогу виготовити накладки.

РОЗДІЛ 7

РОЗРАХУНОК ДИСКРЕТНИХ КРОКОВИХ ДВИГУНІВ КРОКУЮЧИХ ЛАНОК РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

7.1 Розрахунок верхнього дискретного крокового двигуна

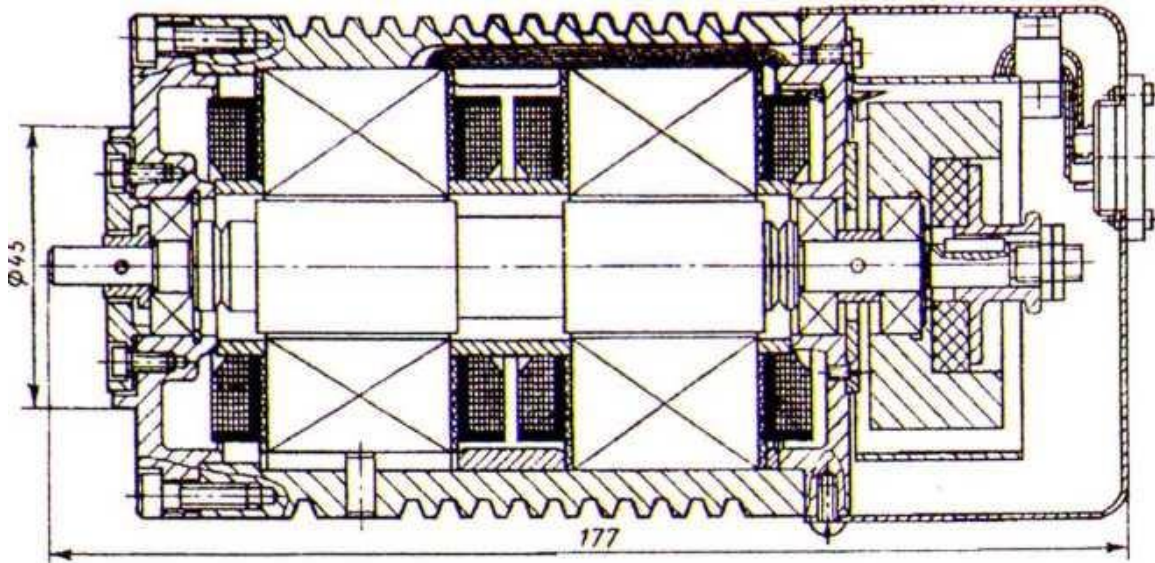


Рис.7.1.1. Кроковий електродвигун (несиловий).

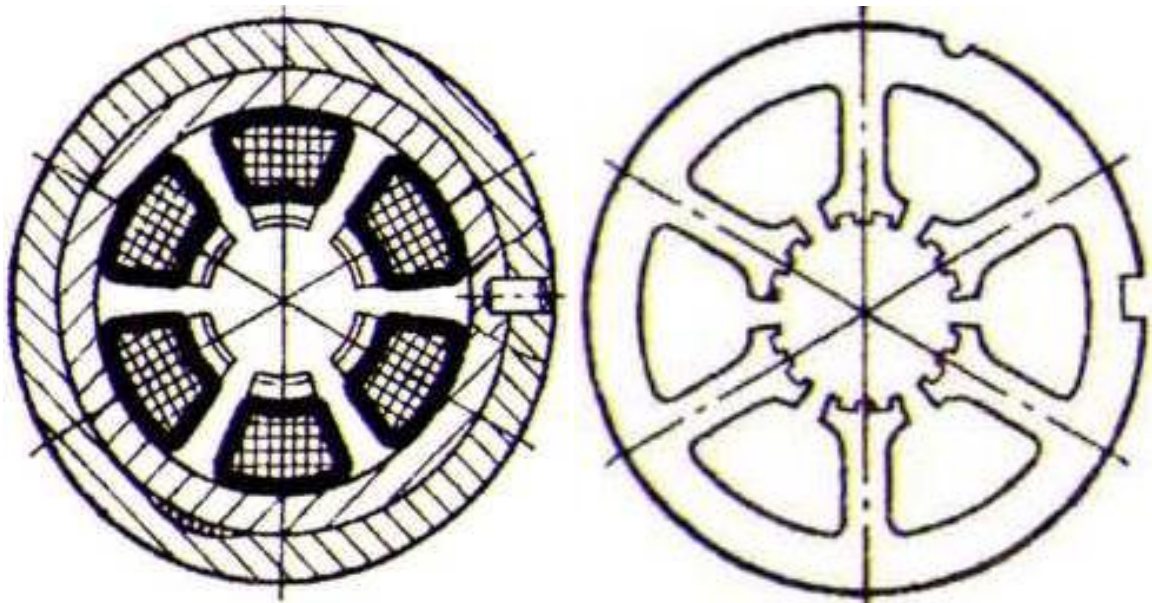


Рис.7.1.2. Статор та статорний пакет КД.

Особливістю дискретного крокового електропривода є статичний режим та можливість тривалої роботи за частоти $f_y=0$ імпульсів, виникає статичний синхронізуючий момент $M=\text{const}$ і зберігається задане кутове положення.

Кут повернення ротора відбуватиметься за крок за кроком, за послідовним включенням пар обмоток статора:

$$\varphi = 2\pi/2p_2m \cdot k, \quad (1)$$

де

m – кількість пар обмоток статора;

p_2 – кількість пар полюсів ротора;

k – коефіцієнт, що залежить від обраного способу вмикання обмоток статора.

$$\varphi = 2 \cdot 3,14 / 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1$$

$$\varphi = 1,1^\circ$$

Прийmemo з найближчого ряду кутових переміщень значення $\varphi = 1,8^\circ$

Вибір потужності крокового двигуна

Режим крокових електродвигунів складається із повторно-короткочасних рухів. Оскільки цикл роботи двигуна, який ми будемо використовувати, складається з пуску, холостого та робочого ходу, гальмування та паузи, в такому випадку робота A_d , що виконує двигун, становить:

$$A_d = A_p + A_{xx} + A_{\pi} + A_{\Gamma}, \quad (2)$$

де A_p, A_{xx} – робота, яка здійснюється під час робочого й холостого ходів;

A_{π}, A_{Γ} – робота при пуску й гальмуванні двигуна.

$$A_p = I_{\Sigma p} \frac{w^2}{2}, \quad (3)$$

$$A_p = A_{\Gamma}.$$

де $I_{\Sigma p}$ – момент інерції ротора, який дорівнює $I_{\Sigma p} = 4,4 \cdot 10^5$ кг/м².

За формулою 3 розраховуємо роботу під час робочого ходу, відповідно робота при холостому ході буде такою ж.

$$A_p = 1,97 \text{ Дж};$$

Відповідно:

$$A_{\Gamma} = A_p = 1,97 \text{ Дж}$$

Тепер визначимо безпосередньо потужність, яку буде вимагати робота для електороприводу з КД

$$P_{дв} > \frac{A_{xx} + A_p + A_{п} + A_r}{t_{xx} + t_p + \alpha(t_{п} + t_r) + \beta t_{зуп}} \quad (4)$$

– де $t_{п}$, t_{xx} , t_r , $t_{зуп}$ – час пуску, холостого та робочого ходів, гальмування, зупинки, відповідно;

α, β – коефіцієнт, що будуть враховувати різні умови охолодження.

$\alpha = 0,55$ – коефіцієнт, що відповідає кращим умовам охолодження в перехідних процесах;

Оскільки в нас двигун закритого типу то коефіцієнт дорівнює $\beta = 0,96$.

A_p, A_{xx} будуть визначатись конструкцією ланки приводу.

Тож $A_p = 1,97$ Дж, а $A_{xx} = 0,3$ Дж

Робота перехідних процесів:

$A_{п} \approx \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$ – при пуску двигуна.

– де $\left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$ – запас кінетичної енергії механічної системи привода;

В такому випадку $A_{п} \approx \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$

ω_0 – частота обертання валу двигуна;

$I = I_{дв} + I_{мех}$ – момент інерції привода, зведений до валу двигуна;

$I_{дв} = 0,25 GD^2$ – момент інерції двигуна

$I_{дв} = 0,001 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

$I_{мех}$ – момент інерції рухомих частин привода. В загальному випадку $I_{мех} =$

$I_1 + I_2 + \dots + I_K + I'$,

– де I_1, I_2, \dots, I_K – зведені моменти інерції I'_1, I'_2, \dots, I'_K , відповідно $I_1 = I'_1 (\omega_1 / \omega)^2$.

Отже:

$I_1 = 0,004 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ – момент інерції верхньої та нижньої ланок «лапи»;

Відповідно:

$$I'_1 = 0,002 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$I_2 = 0,03 \text{ кг/м}^2$ – момент інерції нижньої ланки «лапи»;

Відповідно:

$$I'_2 = 0,0001 \text{ кг/м}^2$$

I' – зведений момент інерції елемента приводу, який рухається поступально зі швидкістю V та має масу m , $I' = m(V/\omega)^2$

Тоді:

$$I' = 0,0217 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо момент інерції всього механізму:

$$I = I_{\text{об}} + I_{\text{мех}} = 0,029 \text{ кг/м}^2$$

I в такому випадку A_{Π} буде дорівнювати:

$$A_{\Pi} = 0,06 \text{ Дж}$$

$A_{\Gamma} \approx 6 \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$ – при гальмуванні протилежним вмиканням.

$$A_{\Gamma} \approx 6 \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right) = 6 \cdot 0,06 = 0,36 \text{ Дж};$$

Отже потужність, яку буде вимагати робота для електороприводу з КД складає:

$$P_{\text{дв}} > \frac{0,3 + 1,97 + 0,06 + 10,97}{1 + 2 + 0,55(3 + 1) + 0,96 * 10} = \frac{13,3}{14,8} = 0,9 \text{ кВт}$$

Отже потужність двигуна повинна бути більша ніж 0,9 кВт.

Перевіримо розрахунки

$$A_p = (F)_p \times V_p \times t_p \times \frac{1}{\eta}; \quad (5)$$

$$A_{xx} = (F)_{xx} \times V_{xx} \times t_{xx} \times \frac{1}{\eta}; \quad (6)$$

Сила опору під час робочого ходу, яку повинен подолати двигун:

$$(F)_p = f_{\text{тер}}(G_{\text{робота}} + G_{\text{дв}}) = 0,07(30 + 1) = 2,27 \text{ Н}, \quad (7)$$

де $I_{\text{дв}}$ – сила інерції; $G_{\text{ланки}}$, $G_{\text{дв}}$, $G_{\text{робота}}$ – вага ланки, двигуна та робота відповідно; $f_{\text{тер}}$ – коефіцієнт тертя: $f_{\text{тер}} = 0,07$ V_p , V_{xx} – швидкість переміщення ланки під час роботи та холостого ходу; η – ККД: 0,87 – для кінцевої ланки кінематичного ланцюга.

Сила опору рухові при холостому ході :

$$(F)_{\text{хх}} = f_{\text{тер}}(G_{\text{ланки}} + G_{\text{дв}}) \quad (8)$$

$$(F)_{\text{хх}} = 0,07(4 + 1) = 0,35 \text{ Н}$$

Визначаємо $A_{\text{д}}$ та обираємо двигун за потужністю $P_{\text{дв}}$. Обраний двигун перевіряємо за моментом навантаження на виконання умови:

$$0,85M_{\text{н}} > [f(G_{\text{ланки}} + G_{\text{дв}} + G_{\text{робота}})] \frac{V_p}{\omega_p \eta}, \quad (9)$$

де ω_p – кутова швидкість;

V_p – швидкість, що відповідає кутовій швидкості.

Отже:

$$0,85 * 5,6 > [0,07(4 + 1 + 30)] \frac{1,8}{10 * 0,87} = 3,8$$

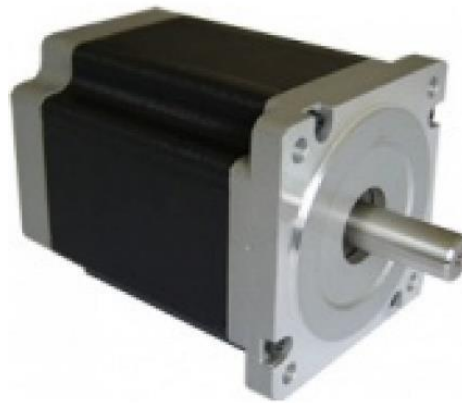


Рис.7.1.3. Кроковий електродвигун TW 23HS8430

Таблиця 1.1 Характеристики електропривода з КД

Характеристики комплектуючих	
Діаметр вала, мм	14
Кутовий крок, градус	1,8
Утримуючий момент, кг/м	5,7
Характеристики енергопостачання (привода, двигуна)	
Струм споживання, А	4
Умови експлуатації	

Максимальна температура нагріву, °C	80
Температурний діапазон роботи, °C	-20...+50

Двигун, який нами попередньо вибраний (Рис.7.1.3), підходить для роботи механізму по характеристиках (Табл.1.1) і забезпечить, в зв'язці кількох таких приводів, плавну та надійну роботу.

7.2 Розрахунок нижнього дискретного крокового двигуна



Рис.7.2.1. Кроковий електродвигун.

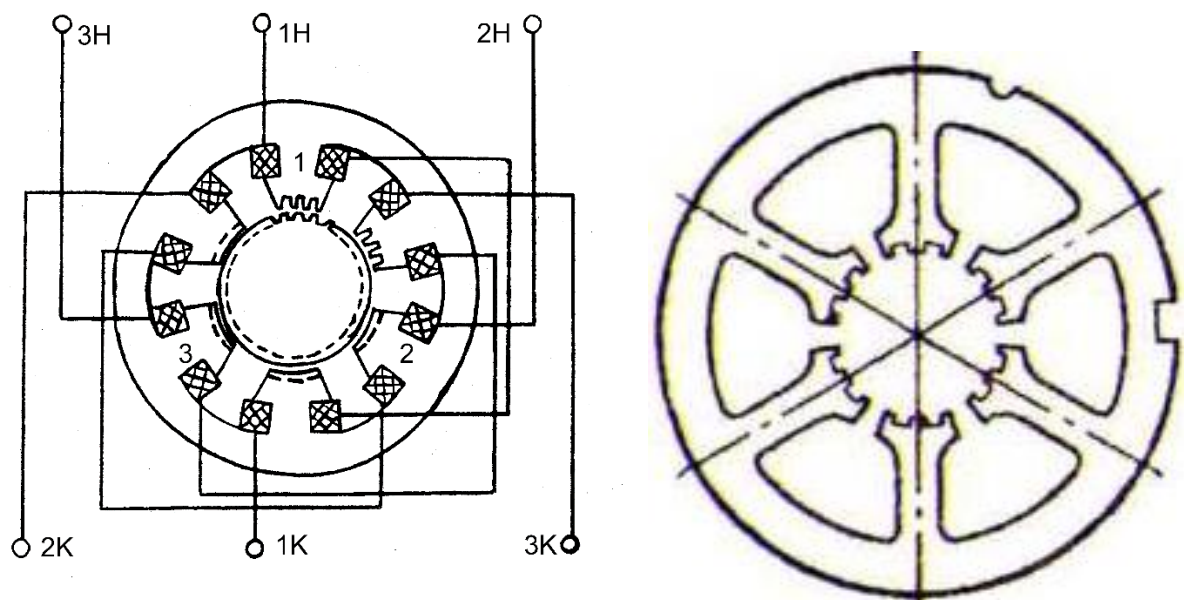


Рис.7.2.2. Статор та схема обмоток полюсів і статорний пакет електропривода.

Особливість дискретного КД є статичний режим, виникає статичний

синхронізуючий момент і зберігається задане кутове положення.

Основна умова: $M = \text{const.}$

Послідовне вмикання та вимикання обмоток статора буде супроводжуватись поверненням ротора на крок

$$\varphi = 2\pi/2p_2m; \quad (1)$$

– де p_2 – кількість пар полюсів;

m – кількість пар обмоток статора;

$$\varphi = 2 \cdot 3,14/2 \cdot 1 \cdot 3$$

$$\varphi = 1,1^\circ$$

Прийmemo з найближчого ряду кутових переміщень значення $\varphi = 1,8^\circ$

Вибір потужності крокового двигуна

Крокові двигуни працюють у повторно-короткочасному режимі. Оскільки цикл роботи двигуна, який ми будемо використовувати, складається з пуску, холостого та робочого ходу, гальмування та паузи, в такому випадку робота A_d , що виконує двигун, становить:

$$A_d = A_p + A_{xx} + A_{\pi} + A_{\Gamma}, \quad (2)$$

де A_p, A_{xx} – робота, яка здійснюється під час робочого й холостого ходів;

A_{π}, A_{Γ} – робота при пуску й гальмуванні двигуна.

$$A_p = I_{\Sigma p} \frac{w^2}{2}, \quad (3)$$

$$A_p = A_{\Gamma}.$$

де $I_{\Sigma p}$ – момент інерції ротора, який дорівнює $I_{\Sigma p} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ кг/м}^2$.

За формулою (3) розраховуємо роботу під час робочого ходу, відповідно робота при холостому ході буде такою ж.

$$A_p = 11,2 \text{ Дж};$$

Відповідно:

$$A_{\Gamma} = A_p = 11,2 \text{ Дж}$$

Тепер визначимо безпосередньо потужність, яку буде вимагати робота для електороприводу з КД

$$P_{дв} > \frac{A_{xx} + A_p + A_{п} + A_r}{t_{xx} + t_p + \alpha(t_{п} + t_r) + \beta t_{зуп}} \quad (4)$$

– де t_{xx} , $t_{п}$, t_r , $t_{зуп}$ – час холостого ходу, робочого ходу, час пуску, гальмування, неробочої паузи, відповідно;

α, β – коефіцієнти, які враховують різні умови охолодження.

$\alpha = 0,55$ – коефіцієнт відповідає кращим умовам охолодження;

Оскільки в нас двигун закритого типу то коефіцієнт охолодження дорівнює $\beta = 0,96$.

A_p, A_{xx} будуть визначатись з, власне, конструкції.

Тоді $A_p = 3,2$ Дж, а $A_{xx} = 0,6$ Дж

Робота перехідних процесів:

$A_{п} \approx \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$ – при пуску двигуна.

– де $\left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$ – запас кінетичної енергії механічної системи привода;

В такому випадку $A_{п} \approx \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right)$

ω_0 – частота обертання валу двигуна;

$I = I_{дв} + I_{мех}$ – момент інерції привода, зведений до валу двигуна;

$I_{дв} = 0,25 GD^2$ – момент інерції двигуна

$I_{дв} = 0,0001 \text{ кг/м}^2$

$I_{мех}$ – момент інерції рухомих частин привода. В загальному випадку $I_{мех} =$

$I_1 + I_2 + \dots + I_K + I'$,

– де I_1, I_2, \dots, I_K – зведені моменти інерції I'_1, I'_2, \dots, I'_K , відповідно $I_1 = I'_1 (\omega_1 / \omega)^2$. Оскільки ланки і пояс рухаються рівномірно, то $\omega_1 = \omega$, відповідно $I_1 = I'_1$.

Отже:

$I_1 = 0,002 \text{ кг/м}^2$ – момент нижньої ланки «лапи»;

$I_2 = 0,14 \text{ кг/м}^2$ – момент пояса-рами робота;

I' – зведений момент інерції елемента привода, який рухається поступально дорівнює $I' = m(V / \omega)^2$

Тоді:

$$I' = 0,0217 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо момент інерції механізму:

$$I = I_{\text{дв}} + I_{\text{мех}} = 0,17 \text{ кг/м}^2$$

В такому випадку A_{Π} дорівнює:

$$A_{\Pi} = 1,36 \text{ Дж}$$

$$A_{\Gamma} \approx 6 \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right) - \text{при гальмуванні протилежним вмиканням.}$$

$$A_{\Gamma} \approx 6 \left(I \frac{\omega_0^2}{2} \right) = 6 \cdot 0,17 = 1,02 \text{ Дж};$$

Отже потужність, необхідна для роботи електропривода з КД складає:

$$P_{\text{дв}} > \frac{0,6 + 3,2 + 1,36 + 11,2}{1 + 2 + 0,55(3 + 1) + 0,96 * 10} = \frac{16,4}{14,8} = 1,1 \text{ кВт}$$

Отже потужність двигуна повинна бути більша ніж 1,1 кВт.

Перевірка правильності розрахунків

$$A_p = (F)_p \times V_p \times t_p \times \frac{1}{\eta}; \quad (5)$$

$$A_{xx} = (F)_{xx} \times V_{xx} \times t_{xx} \times \frac{1}{\eta}; \quad (6)$$

Сила опору під час робочого ходу, яку повинен подолати двигун:

$$(F)_p = f_{\text{тер}}(G_{\text{ланки}}) = 0,07(4) = 0,28 \text{ Н}, \quad (7)$$

де $I_{\text{дв}}$ – сила інерції; $G_{\text{ланки}}, G_{\text{дв}}, G_{\text{робота}}$ – вага ланки, двигуна та робота відповідно; $f_{\text{тер}}$ – коефіцієнт тертя: $f_{\text{тер}} = 0,07$ V_p, V_{xx} – швидкість переміщення ланки під час роботи та холостого ходу; $\eta = 0,87$ – ККД для кінцевої ланки.

Сила опору рухові при холостому ході :

$$(F)_{xx} = f_{\text{тер}}(G_{\text{ниж.ланки}} + G_{\text{дв}}) \quad (8)$$

$$(F)_{xx} = 0,07(3 + 1) = 0,28 \text{ Н}$$

Визначаємо A_d та обираємо двигун за потужністю $P_{\text{дв}}$. Обраний двигун перевіряємо за моментом навантаження на виконання умови:

$$0,85 M_H > [f(G_{\text{ниж.ланки}})] \frac{V_p}{\omega_p \eta}, \quad (9)$$

– де ω_p – кутова швидкість;

V_p – швидкість, що відповідає кутовій швидкості.

Тоді:

$$0,85 * 12 > [0,07(5)] \frac{1,8}{1*0,87} = 0,3$$



Рис.7.2.3. Кроковий електродвигун TW 34HS4802

Таблиця 1.1 Характеристики електропривода з КД

Характеристики комплектуючих	
Діаметр вала, мм	14
Кутовий крок, градус	1,8
Утримуючий момент, кг/м	12.3
Характеристики енергопостачання (привода, двигуна)	
Струм споживання, А	5
Умови експлуатації	
Максимальна температура нагріву,	80

°C	
Температурний діапазон роботи, °C	-20...+50

Двигун, який нами попередньо вибраний Рис.7.2.3. підходить для роботи механізму по характеристиках (Табл.1.1)і забезпечить, в зв'язці кількох таких приводів, плавну та надійну роботу.

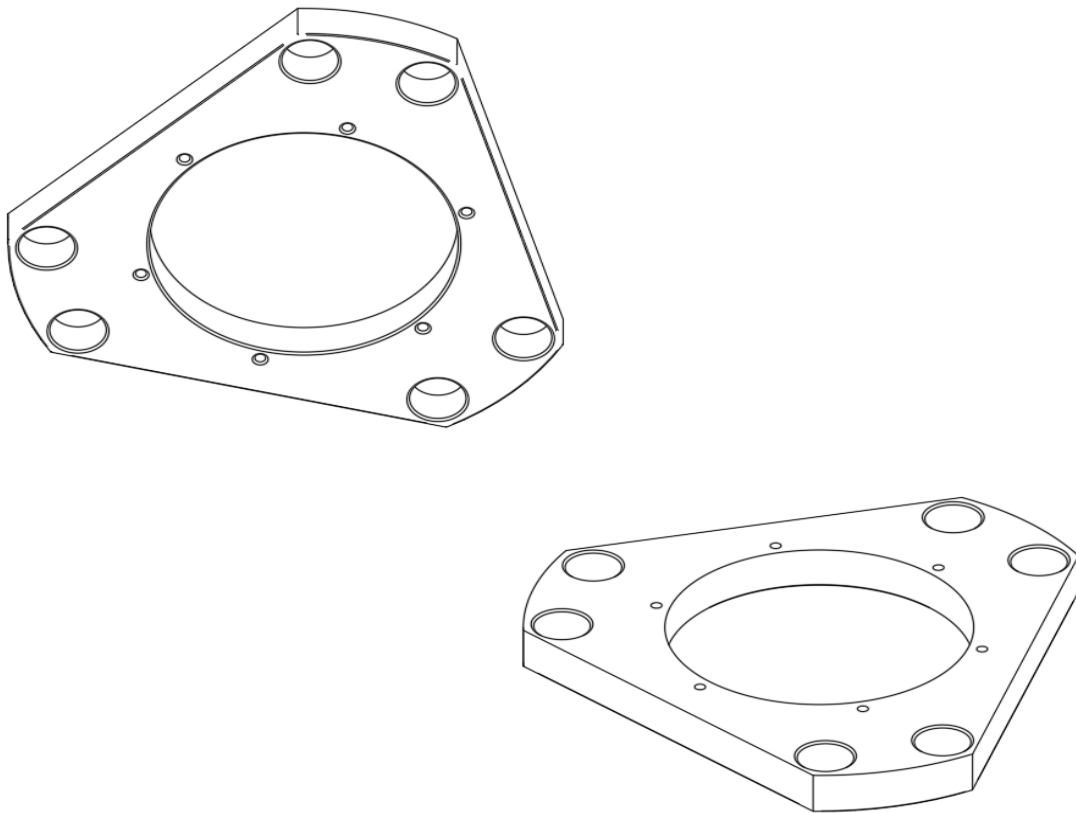
Висновок: Підібрано дискретні крокові двигуни, що забезпечують роботу роботизованого комплексу. Оскільки одночасно будуть працювати тільки 3 пари дискретних двигунів, тобто 3 верхніх та 3 нижніх, то вага всього механізму спрямована на 3 робочі ланки. Відповідно до цього було визначено потужність двигунів які необхідно застосувати в конструкції роботизованого комплексу.

РОЗДІЛ 8

КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ СХВАТА РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

8.1 Конструктивне рішення та опис конструкції схвата

При конструюванні робочої нижньої частини, яку утримує комплекс штанг змінної довжини, а саме вузла схвата, зі попередньої конструкції була запозичена форма, безпосередньо, платформа схвата (рис.8.1.1). Але оскільки нашою метою, все ж таки, було модернізація, яка мала на увазі оптимізацію, власне, роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, то постала питання її недоцільності. Оскільки вага вихідного варіанту була близько шести кілограм, що для наших цілей оптимізації ваги було неприйнятно.



*Рис.8.1.1. Схематичне зображення платформи маніпулятора
роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.*

За основу взята геометрія вихідного елемента. Деталь виготовлена з алюмінієвого сплаву марки АМ5, сплаву алюмінію з купрумом. Хоча на відміну від верхньої ланки крокуючого механізму роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, ця деталь може бути виготовлена як литтям так і вирізана з прокатного листа алюмінієвого сплаву товщиною 20 мм. Оскільки другий варіант більш оптимальний по ціні готового виробу, так як не вимагає додаткової оснастки, такої як форми для виливки та не вимагає наявності комплексу для плавлення матеріалу виливання його в подальшому в форму для застигання.

Другий варіант підрозуміває спершу гідро або лазерну різку, що забезпечить малу кількість відходів при подальшому обробленні.

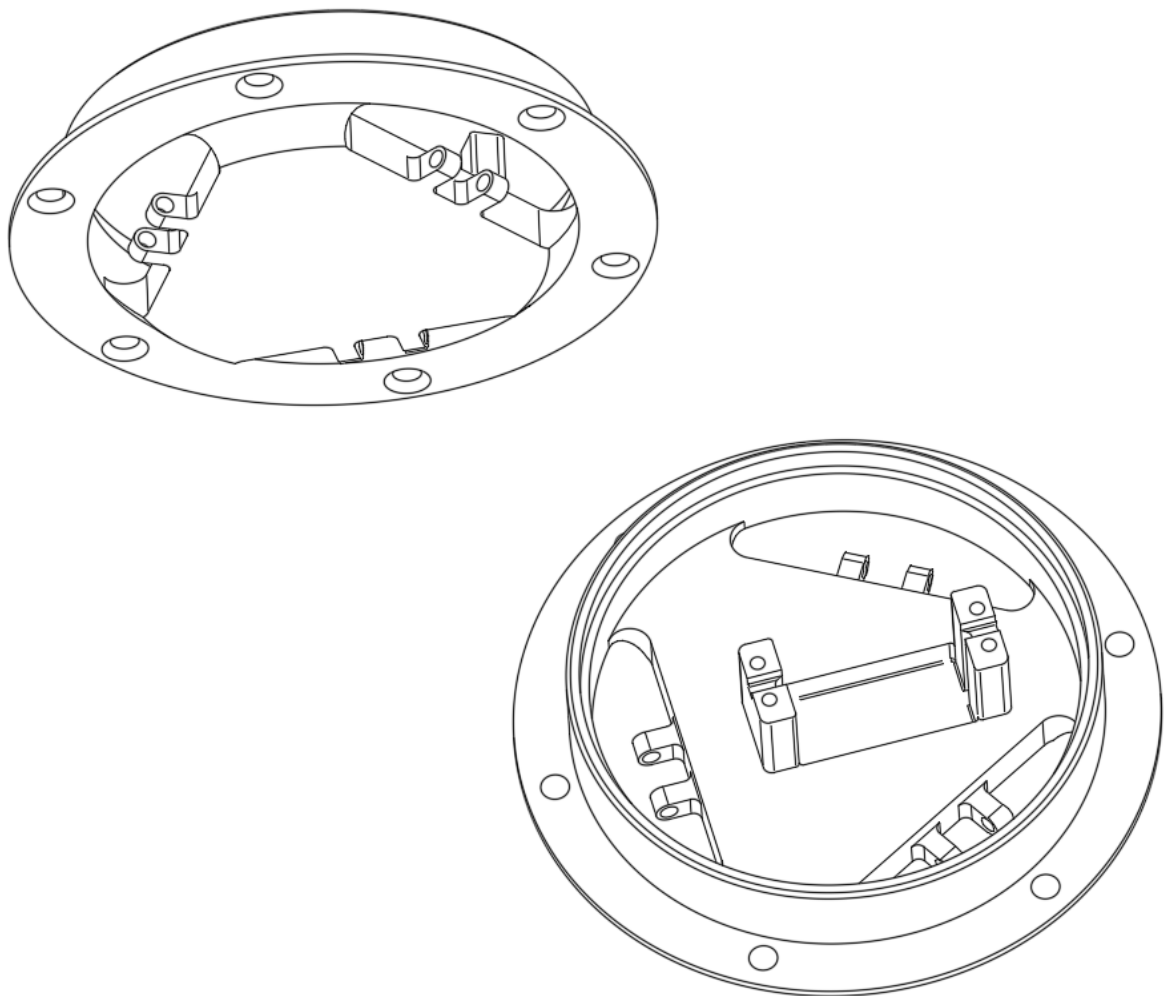


Рис.8.1.2. Схематичне зображення основи маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Також необхідно буде виконати операції свердління отворів для кріплення перехідних елементів, які з'єднують штанги змінної довжини та, власне, платформу, свердління отворів та подальше нарізанання різьби та фрезування посадочного отвору для механізму, який утримує маніпулятор. Частина цього механізму, а саме, основа маніпулятора зображена на Рис.8.1.2).

Основа являє собою циліндричну деталь. Сама основа кріпиться до платформи 6 болтами під потай. Оскільки ми намагаємось зменшити вагу кожного з елементів в ланцюгу платформа-пелюстки, то деталь виконується з алюмінієвого сплаву для зменшення ваги. Немає необхідності застосовувати вуглецеві сплави в даній конструкції, оскільки деталь не сприймає критичних нагрузок, а тільки утримує пелюстки схвата, які виконують певну роботу (рис.8.1.3). Місця кріплення пелюстки виведені поза межі площини циліндричної частини для того щоб, виконати пази, в яких кріпиться елемент.

Всередині деталі вифрезеровано посадочне місце під сервопривод який буде приводити в рух рухомий елемент схвату «пелюстки». В місці кріплення знаходяться поглиблення для розташування сервопривода та дві колони в, яких виконано отвори, в яких в подальшому знаходитиметься нарізь МЗ, для надійної фіксації двигуна з КД. В колонах у внутрішній частині профрезеровано паз для виведення елементів живлення серводвигуна. Такі ж пази виконано на верхній площині колон.

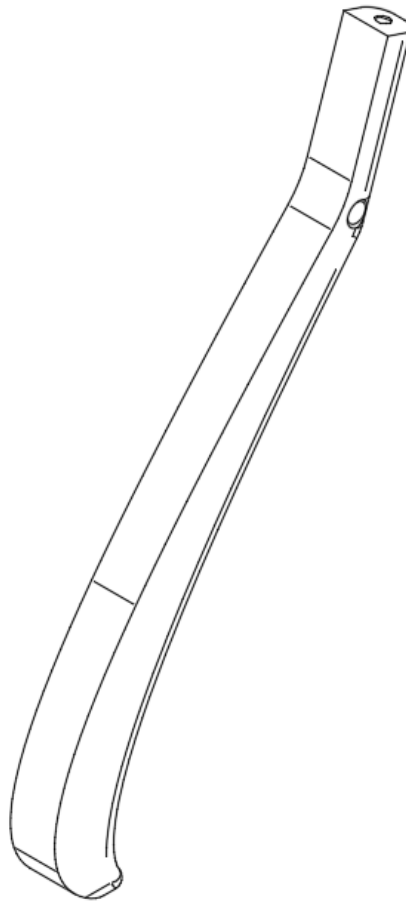


Рис.8.1.3. Схематичне зображення «пелюстки» маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Пелюстки являють собою ланки, які захватують елемент, в нашому випадку це сердечник протипіхотної міни ТМ-46. Їхня внутрішня форма нагадує однопорожнинний гіперболоїд. Це для надійної фіксації сердечника при викручуванні, так як більшість мін мають сердечник з фігурним ободом, для полегшення його викручування з тіла міни.

Пелюстки виконані також зі сплаву алюмінію. Найбільш доцільно виготовити його з заготовленого листа та довести форму фрезеруванням. Оскільки найважливішими областями є місце кріплення пелюстки до основи маніпулятора, то обробку нижньої частини можна виконати грубо.

Найважливішим в деталі є, безпосередньо, отвір що кріпить її до основи маніпулятора та отвір в який вкручується наверхник, за допомогою якого приводиться в рух пелюстка (рис.8.1.4).

Навершник виконано зі сталі, оскільки виграш у вазі від виготовлення його з алюмінію був би мізерний, а міцність нарізі та тонкої частини такої деталі набагато більша ніж алюмінієвого аналога. На вершині елемента виконана сфера. Це зроблено з двох важливих причин. По-перше це не дасть пелюстці з навершико вискочити з направляючої ланки, що забезпечить надійність роботи конструкції.

Другим важливим фактором є безпека при збірці вузла, оскільки, якщо вершина має гострі кути, це небезпечно перш за все людині яка займається збиранням механізму. Також не можна виключати того фактору при якому виникне надзвичайна ситуація і елемент міни, який відповідає за дієздатність, здетонує. Гострий елемент має більше шансів покалічити людей, які будуть неподалік від роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Тому слід забезпечити якомога безпечніші форми елементі, щоб не завдати шкоди обслуговуючому персоналу. За таким же методом зроблена направляюча пластина, яка приводить в рух, безпосередньо, захоплюючі елементи схвату, пелюстки (рис.8.1.5).

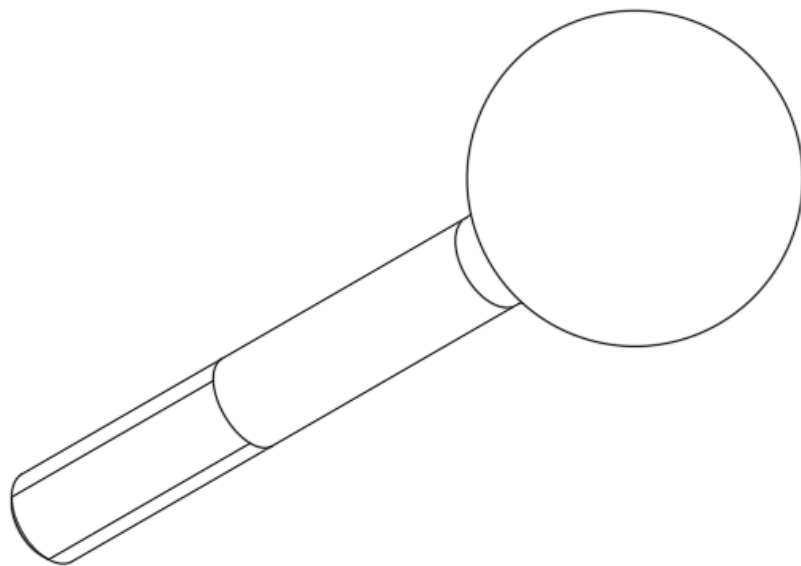


Рис.8.1.4. Схематичне зображення навершика маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Так як готову деталь можна б було замовити і значно зменшити її ціну, доцільніше б було її придбати. Але виходячи з безпеки персоналу, який буде обслуговувати Роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій, недопустимо нехтувати безпекою людей.

Оскільки покупна деталь мала гострі вершини, було прийнято рішення виготовити безпечніший елемент конструкції схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Для цього необхідно виконати деталь суцільною та з униканням гострих кромek. Так як і в попередній деталі наверхнику, виграш від алюмінію у вазі буде мізерним а міцність в рази вищою, було прийняте рішення виготовити цю деталь з вуглецевої сталі. Зовнішній контур такої деталі не має необхідності обробляти, так як він не впливає на роботу механізму маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій. Але необхідно зачистити залишки плавленого металу з кромки, оскільки це є небезпечна ділянка для обслуговуючого персоналу, який буде виконувати збірку механізму роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Наступним кроком потрібно обробити пази в яких будуть пересуватись три наверхники, які приводять в рух механізм схвата, який в свою чергу зажимає необхідний нам елемент конструкції протипіхотної чи протитанкової міни.

Пази виконані дещо більшої величини а ніж Діаметр робочої частини наверхника, оскільки при обернено-поступальному русі пелюстки, яку приводить в рух направляюча пластина, переріз наверхника в той чи інший момент буде змінюватись з круга до еліпса. У випадку, якщо б ми виконали пази такого ж діаметру як і діаметр робочої частини наверхника, то механізм переміщення не працював би, оскільки його б заклинило. Це унеможливило б роботу всього механізму, та звело її нанівець. А оскільки в різні моменти часу при русі маніпулятора, робоча частина діаметру

навершника контактує з однією лінією, а паз при повороті направляючої пластини та нахилі пелюстки з наверхником ще більше зменшує область в якій може пересуватись наверхник, а саме звужує переріз по якому наверхник може здійснювати обернепо-поступальні рухи, було прийняте рішення виконати фаски по всій довжині паза. Це забезпечить безперешкодний рух робочої частини наверхника.

Най важчим у виконанні в цій деталі є шліцевий масив, який забезпечує контакт зубчатого колеса сервопривода з, безпосередньо, направляючою пластиною.

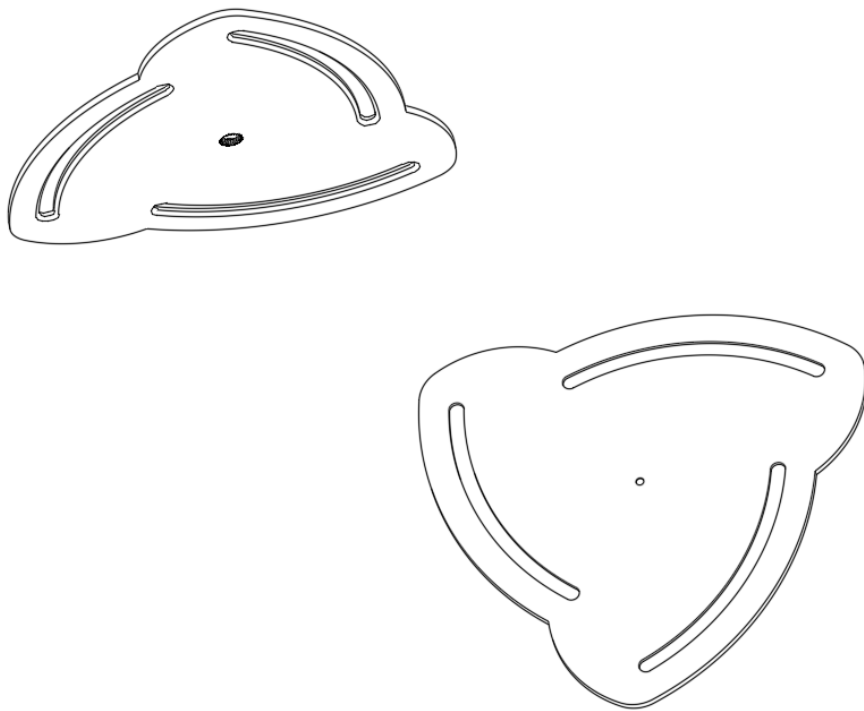


Рис.8.1.5. Схематичне зображення направляючої платини маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

Оскільки потрібно забезпечити надійне кріплення елемента який приводить в рух механізм маніпулятора, а саме пелюстки, які в свою чергу переміщуються за допомогою наверхника який вмонтований в направляючу пластину, було прийняте рішення виконати так званий «мишачий шліц» закритого типу, а в центрі отвору виконано отвір діаметром 3 міліметра. Це зроблено для того щоб збазувати деталь по

шліцах та верхній опорній частині, щоб в наступному зафіксувати її за допомогою гвинта M2. Оскільки всю основну частину навантаження будуть сприймати шліци, а гвинт буде вкручуватись в серцевину зубчатого колеса серводвигуна, він не сприйматиме критичних навантажень, а просто унеможливить ненавмисне вискакування направляючої частини з посадочного місця зубчатого колеса. Це дасть нам оптимальний вихід з ситуації, в якій від різкого руху механізму маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій можливе випадання направляючої пластини з шліцевого масиву. Сервопривід який ми використовуємо виконаний з металу, а саме з латунного сплаву. Оскільки пластмасові аналоги не є надійними у роботі та часто виходять зі строю, було прийняте рішення використання металевого серводвигуна марки DS3225MG Servo 25Kg 4.8-6.8V. Він витримує навантаження до 25 кілограм, що для нашого випадку більш ніж достатньо.

Отже конструкція механізму маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій виглядає наступним чином(рис.8.1.6). Платформа 1 для закріплення основи маніпулятора 2 приєднується до перехідників штанг змінної довжини за допомогою шести кріпильних отворів, в які вставляється втулка, яка дозволяє прокручуватись платформі маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій для забезпечення робочої зони. До основи 2 прикріплюються три пелюстки 3, внутрішня робоча частина яких нагадує однопорожнинний гіперболоїд. Нижня частина ланки пелюстки має невелике заокруглення в середину для надійнішої фіксації елемента над яким виконується операція та для підважування елемента детонації задля забезпечення унеможливлення його контакту з детонуючим тілом. До кожної ланки пелюстки кріпляться наверхники 4 для передання руху від направляючої пластини 5 до, безпосередньо, ланки пелюстки 3. В свою чергу направляюча пластина 5 з'єднується з серводвигуном DS3225MG Servo 25Kg 4.8-6.8V 6

за допомогою гвинта, який унеможливорює зіскользування пластини з зубчатого колеса сервопривода.

Оскільки сервопривід забезпечує силу еквівалентну 25 кілограмам алюмінієві елемента, такі як направляюча пластина 5 та навішник 4 не витримали б навантаження від дії сервоприводу, а виграш в вазі не відповідав би критичним оцінкам, то ці елементи виконані з вуглецевої сталі. Сервопривід 6 кріпиться до основи маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій 2 за допомогою чотирьох кріпильних елементів, а саме болтів М3. Комунікації живлення та передачі робочого імпульсу

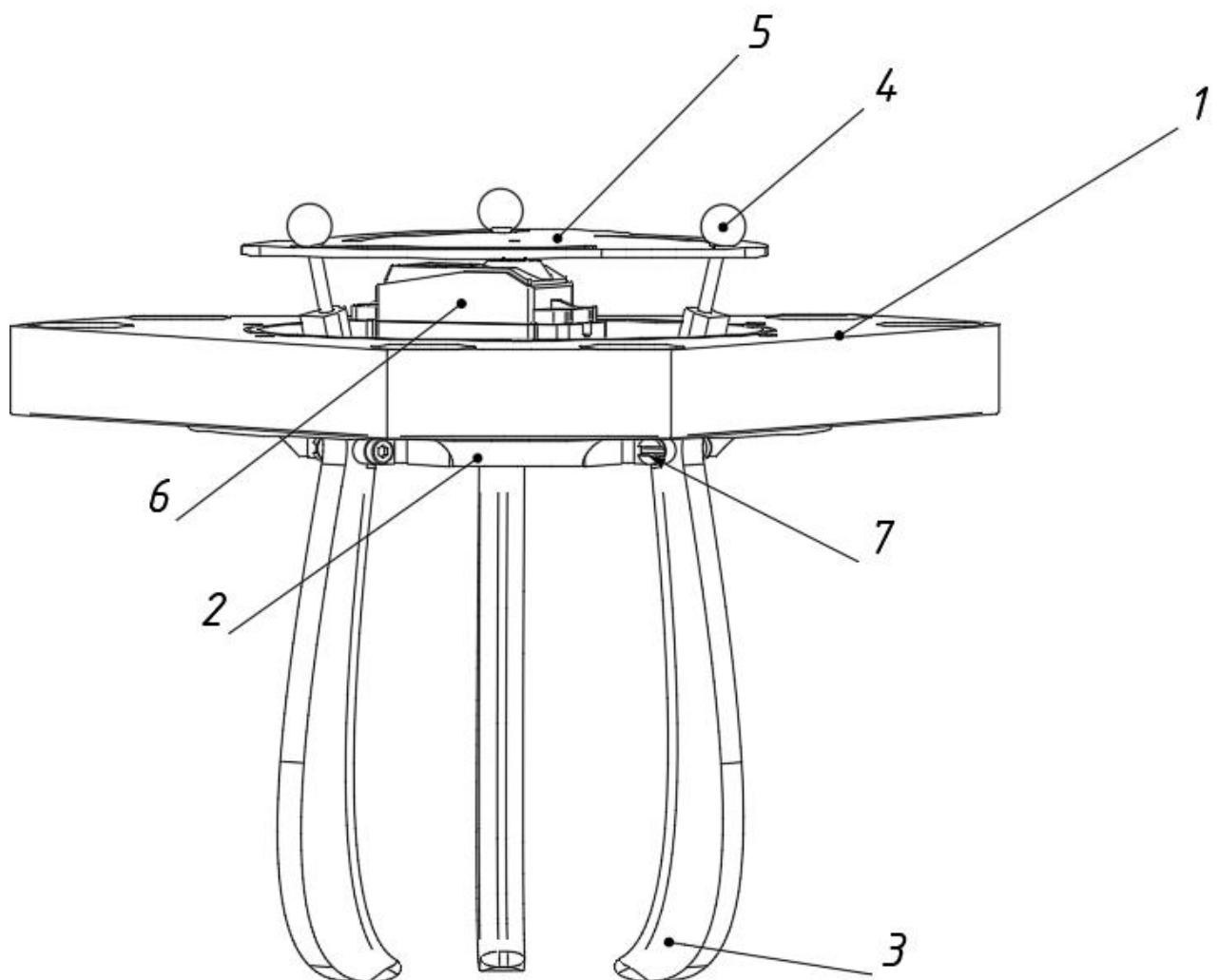


Рис.8.1.6. Схема маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

виводяться назовні за допомогою виконаних в основі маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій 2 пазів у внутрішній частині та верхні ділянки колони для кріплення серводвигуна, який приводить в рух направляючу пластину 5, який в свою чергу переміщує наверхники 4 по направляючих пазах, які, власне приводять в рух елементи захвату елемента детонації, пелюстки 3, які вже в свою чергу закріплюються в основі маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій 2, до якого кріпляться гвинтами 7 та болтами з циліндричною головкою з внутрішнім шліцем, оскільки це один із оптимальних варіантів кріплення пелюсток 3 тому, що болти з шестигранною головкою створюють дискомфорт для особи яка обслуговує роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій. Робоча зона такого схвату становить у відкритому положенні 12 сантиметрів, що є цілком достатньо для виконання операції витягування сердечника з тіла міни (рис.8.1.7).

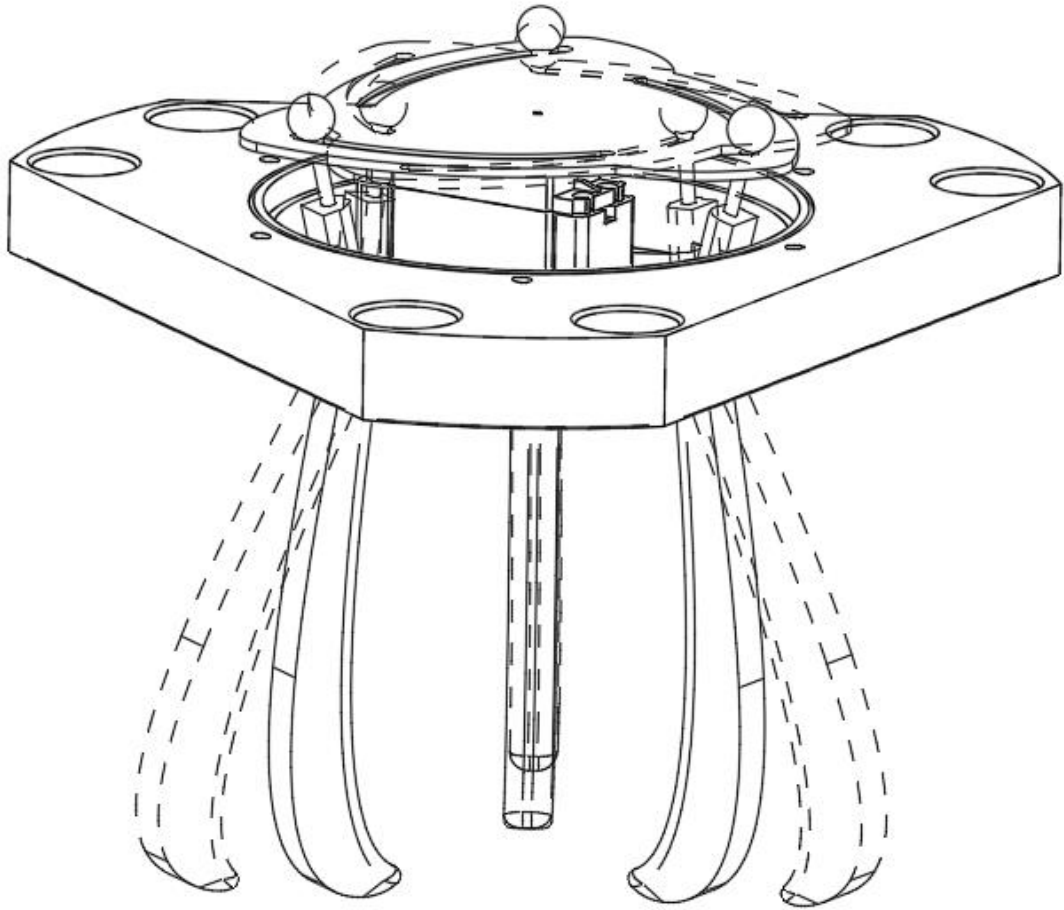


Рис.8.1.7. Схематичне зображення максимального і мінімального робочого положення маніпулятора.

Діаметр в «замкненому» стані складає 45 міліметрів.

Висновок: Маніпулятор роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій виконаний таким чином, щоб виконувати операції над елементами, які в діаметрі становлять не більше 12 сантиметрів. Захоплюючі ланки заживають та утримують елемент над яким виконуються операції. При холостому русі утримуючих ланок в середній частині паза, який знаходиться на напрвляючій пластині, спостерігаються неконтрольовані рухи ланок, оскільки переріз який працює в даній області, менший за переріз пазу. Та це жодним чином не впливає на робочі характеристики маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

8.2 Крайні положення схвата під час роботи роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій

Мобільний роботизований комплекс для виконання спеціальних операцій у своїй верхній частині маніпулятора має схват, яким виконується ряд поставлених завдань.

Важливим аспектом роботи мобільного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій є величина робочої зони схвата. Робоча зона знаходиться між крайніми положеннями даного схвата.

Крайнє верхнє положення схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій характеризується мінімальним видовженням штанг змінної довжини та максимальним заданим розімкнутим положенням крокуючої ланки. При такому положенні роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій верхня поділка робочої зони схвата відносно площини на якій розміщені крокуючі ланки сягає 636 мм (рис.8.2.1).

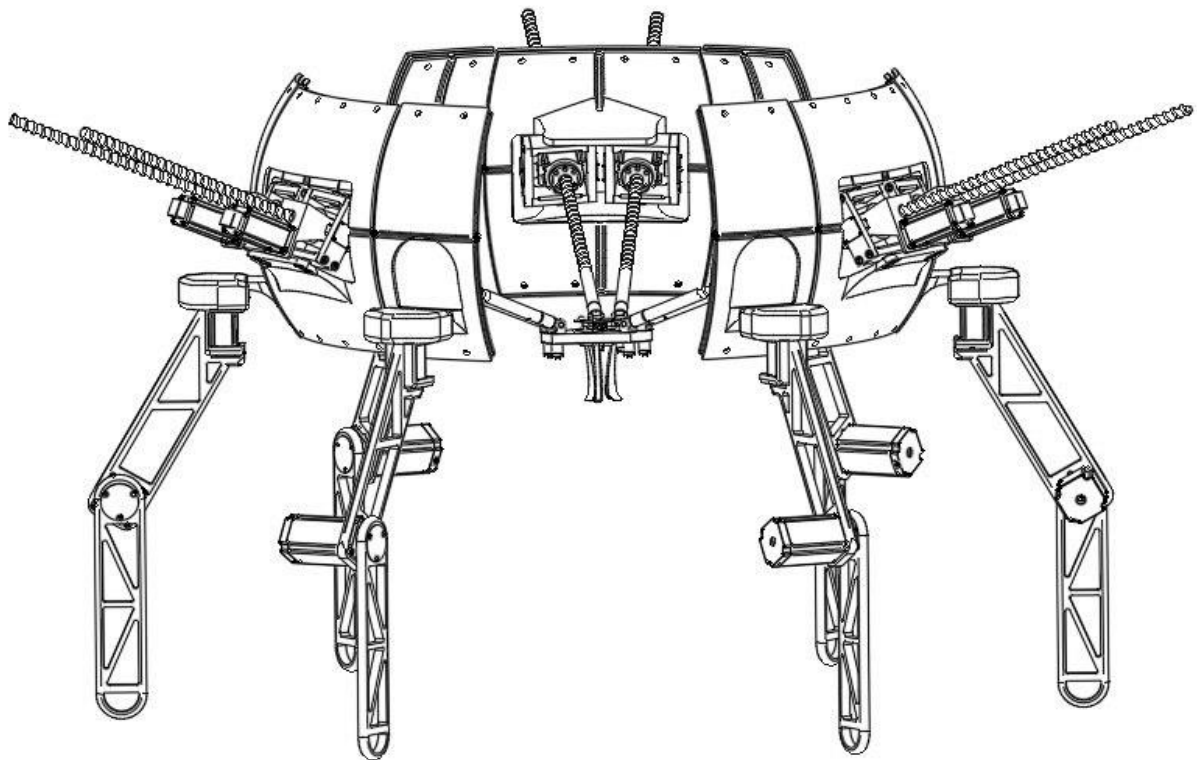


Рис.8.2.1. Зображення крайнього верхнього положення схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій (без рами)

Крайнє нижнє положення схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій характеризується максимальним видовженням штанг змінної довжини та мінімальним заданим розімкнутим положенням крокуючої ланки. При такому положенні роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій нижня поділка робочої зони схвата відносно площини на якій розміщені крокуючі ланки сягає -296 мм (рис.8.2.2).

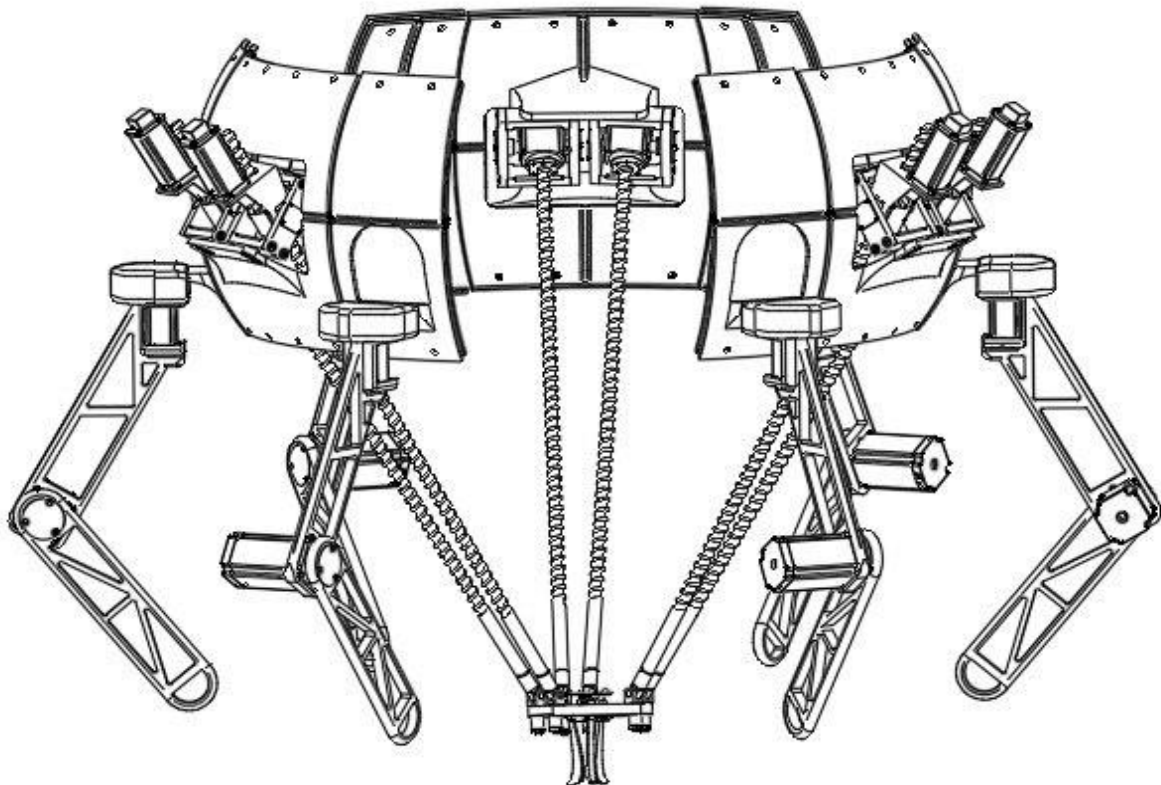


Рис.8.2.2. Зображення крайнього нижнього положення схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій (без рами)

Отже робоча зона схвата роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій по вертикалі сягає 932 мм.

Досить зручним є те, що схват в нижньому крайньому положенні здатний опускатися нижче рівня підлоги на яку він спирається, що дає змогу працювати з об'єктами, що знаходяться під нижче рівня земні на невеликій глибині.

Висновок: Маніпулятор, завдяки його конструкції, забезпечує роботу схвата на невеликій глибині, а саме, 296 мм. Це дозволить працювати з об'єктами розміщеними під шаром землі. У найвищому вертикальному положенні відстань від рівня поверхні до схвата становить близько 600 мм. Також забезпечується робочий діапазон від 44 мм до 120 мм в діаметрі пелюсток схвата.

ВИСНОВОК

Для вирішення проблеми переміщення крокуючого роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій було розроблено ряд механізмів, які забезпечують переміщення роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

- 1) Для оптимізації вузла крокуючої ланки було розроблено ряд варіантів крокуючих ланок, які були найбільш оптимальними для нашого механізму.
- 2) Виконано аналіз напружено-деформованого стану остаточного варіанту ланок роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.
- 3) Крокуючі ланки самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій в конструкції вузлів оснащені демферним вузлом крокуючого пристрою мобільного робота (патент України на винахід №120668), що створює ефект оптимізації динамічних характеристик дискретного переміщення, виключає ударні навантаження, що призводить до плавного руху крокуючих ланок самохідного роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій
- 4) Виконаний підбір геометричних параметрів накладок, які монтуються на композиційну раму за допомогою крипильних елементів та фрикційних перехідних втулок.
- 5) На основі геометричних характеристик та матеріалу було проведено аналіз напружено-деформованого стану накладок, для удосконалення їх надійності при роботі роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.
- 6) Спроектовано оснастку для виготовлення композиційних накладок, які будуть утримувати механізм переміщення роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій.

7) До відповідної ваги роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій розраховано і підбрано потужність дискретних крокових електродвигунів, що являються зв'язуючими елементами в кінструкції крокуючого механізму.

8) Розроблено конструкцію схвата маніпулятора роботизованого комплексу для виконання спеціальних операцій, що забезпечує робочий діапазон від 44 мм до 120 мм в діаметрі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глубокий, В. И. Конструирование и расчет станков. Расчет приводов подач и направляющих : методическое пособие к практическим занятиям для студентов машиностроительных специальностей / В.И. Глубокий, А. М. Якимович, А. С. Глубокий. – Минск : БНТУ, 2013. – 97 с.
2. <https://www.ktb-group.com.ua/ru/pro-kompaniiu/blog/shcho-take-kompoziti-ta-tehnologiyi-obrobki>
3. Малярчук А.О. Приводи металорізальних верстатів та автоматизованою устаткування. Електропривод. Лабораторний практикум: Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. – 68 с.
4. Патент Російської Федерації, № 2356775, МПК В62D 57/032. Шагающий вездеход / Алиев А.С., Алиев С.А., заявка №2007118031/11 від 14.05.2007, Опубл. 27.05.2009.
5. Патент України, № 75991, МПК В25J 11/00, В62D 57/00. Крокующий рушій малогабаритного робота / Шевченко А. І., Полівцев С. О., заявка №20040604331 від 04.06.2004, Опубл. 15.06.2006.
6. Патент Російської Федерації, № 2642020, МПК В62D 57/032. Шагающее устройство / Артамонов Ю. П., Близнец Д. П., Близнец М. П., Близнец П. М., Бошляков И. А., Коновалов К. В., Лапшов В.С., Метасов И.Е., заявка №2016125318 від 24.06.2016, Опубл. 23.01.2018.
7. <https://studfile.net/preview/5427910/page:38/>
8. Системы автоматизированного управления электроприводами: Учеб. пособие / Г.И.Гульков, Ю.Н.Петренко, Е.П.Раткевич, О.Т.Симоненкова; Под общ. ред. Ю.Н.Петренко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 384 с.
9. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%82%D0%B8>
10. <https://studfile.net/preview/5427910/page:38/>
11. https://stud.com.ua/73781/tehnika/kompozitsiyini_materiali